

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

EDNALDO DE OLIVEIRA MARTINS

Modelo de Reposição do Estoque de Suprimento de Peças de um Batalhão  
Logístico do Exército Brasileiro, Utilizando Técnicas de Pesquisa Operacional

CURITIBA

2012

EDNALDO DE OLIVEIRA MARTINS

Modelo de Reposição do Estoque de Suprimento de Peças de um Batalhão  
Logístico do Exército Brasileiro, Utilizando Técnicas de Pesquisa Operacional

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, Área de Concentração em Programação Matemática, dos setores de Ciências Exatas e de Tecnologia como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências, do Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Neida Maria Patias Volpi

CURITIBA

2012

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

EDNALDO DE OLIVEIRA MARTINS

Modelo de Reposição do Estoque de Suprimento de Peças de um Batalhão Logístico do Exército Brasileiro, utilizando técnicas de Pesquisa Operacional.

Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências no Curso de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, Área de Concentração em Programação Matemática, dos setores de Ciências Exatas e de Tecnologia do Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientadora:	Prof. <sup>a</sup> Dr. <sup>a</sup> Neida Maria Patias Volpi Departamento de Engenharia de Produção, UFPR
	Prof. Flávio Sanson Fogliatto, Ph. D. Departamento de Engenharia de Produção, UFRGS
	Prof. José Eduardo Pécora Junior, Ph. D. Departamento de Administração Geral e Aplicada, UFPR
	Prof. Dr. Cassius Tadeu Scarpin Departamento de Engenharia de Produção, UFPR

Curitiba, 23 de novembro de 2012

Dedico este trabalho a todos os que se empenham em buscar um mundo melhor por meio da educação e com justiça e paz para todos. Em especial, minha mãe, Terezinha.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela vida, inspiração, coragem e perseverança.

Aos parentes, amigos, colegas de trabalho e alunos pelo incentivo e paciência.

Agradeço aos militares do 27º Batalhão Logístico que prestaram o apoio necessário para realização deste trabalho.

Deus abençoe a todos.

“Tudo posso naquele que me fortalece.”  
(Fl 4,13)

## RESUMO

Esta dissertação propõe uma solução para o problema de reposição do estoque de suprimento de peças de um batalhão logístico do Exército Brasileiro, utilizando técnicas de Pesquisa Operacional, porém, pode ser utilizado em qualquer empresa pública com estoque com características similares. O trabalho foi aplicado no 27º Batalhão Logístico, cuja missão é apoiar organizações militares no Estado do Paraná (PR) e no Estado de Santa Catarina (SC). Os recursos para as atividades logísticas são provenientes de parte do Orçamento Federal destinado às Forças Armadas. Para tanto, se faz necessária uma previsão de gastos com pelo menos um ano de antecedência. Atualmente a previsão é tomada com base na experiência dos gestores e com dados obtidos das séries históricas. O batalhão logístico possui uma seção chamada Comando de Operações de Apoio Logístico (COAL) que coordena e controla todas as atividades de apoio do batalhão. O Exército Brasileiro possui um sistema de controle dos seus materiais chamado SIMATEX. Este sistema registra as entradas e saídas de todos os materiais das Organizações Militares do Exército Brasileiro. Além disso, o SIMATEX é capaz de emitir relatórios sobre as demandas de cada item, para um determinado período, o que possibilita realizar inferências estatísticas. A proposta deste trabalho é um sistema desenvolvido em quatro etapas. A primeira etapa destina-se a selecionar os itens que provocam o maior impacto no orçamento destinado aos suprimentos; na segunda etapa, o estudo das séries históricas desses itens para auxílio na previsão da demanda utilizando a Análise de Séries Temporais; na terceira etapa, as informações da primeira e da segunda etapas são empregadas numa planilha do *Excel*®, vinculada a um programa de otimização criado no LINGO®12.0, que propõe a reposição trimestral dos materiais; e, na quarta etapa, um segundo programa, também vinculado àquela planilha que propõe a compra ótima mediante o crédito disponível. O sistema foi testado em vários cenários de previsão e de recebimento de crédito e mostrou-se flexível e amigável devido a parâmetros que auxiliam as decisões. Foram obtidos resultados positivos em todos os cenários propostos tais como melhor distribuição dos níveis de estoque e redução do custo total.

Palavras-chave: Empresa Pública, Administração de estoque, Pesquisa Operacional, Otimização.

## ABSTRACT

This dissertation proposes a solution for the replacement problem with stock of supplies at a logistic battalion of the Brazilian Army, using Operational Research Techniques, however, it can be used in any owned company with stock with similar characteristics. The work was applied on the 27° Batalhão Logístico, whose mission is to give support to military organizations. They are located in Paraná (PR) and Santa Catarina (SC) States. The resources for the logistical activities come from the Federal Budget destined to the Armed Forces. So, it is necessary a profit forecast within a year at least. Now this forecast is based at the managers' experience and obtained by historical sets of data. The battalion logistic has a section called Comando de Operações de Apoio Logístico (COAL) - *Command of Logistic Operational Support* that coordinates and controls all logistical support of the battalion. The Brazilian Army has a system for managing its supplies called SIMATEX. That system registers the input/output of materials and supplies at a Military Organization of the Brazilian Army. Besides, SIMATEX is capable to emit reports on the demands of each item, regarding to a specific period that makes possible accomplish statistical inferences. The proposal of this work is a system developed in four stages. The first stage is destined to select the items that provoke the largest impact on the budget destined to the supplies; in the second stage, the study of the historical series of those items for assist in the forecast of the demand using the Analysis of Temporary Series; in the third stage, the information of the first and of the second stages are applied in a spreadsheet of *Excel*®, linked it to an optimization program created in LINGO®12.0, that proposes the quarterly replacement of the supplies; and, in the fourth stage, a second program, also linked to that spreadsheet that proposes the purchase the best solution available. The system was tested in several sceneries of credit forecast and of credit reception and it was shown flexible and friendly due to parameters that aid the decisions. There were positive results in all of the sceneries proposed such as, better distribution of the stock levels and reduction of the total cost.

Key words: Owned Company, Stock management, Operations Research, Optimization.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1	- ETAPAS DO MODELO DE REPOSIÇÃO.....	38
QUADRO 1	- DADOS QUE DEVEM SER INSERIDOS NA PLANILHA.....	39
QUADRO 2	- PARÂMETROS UTILIZADOS NO SISTEMA.....	39
QUADRO 3	- VARIÁVEIS DO SISTEMA.....	40
QUADRO 4	- DADOS GERADOS AUTOMATICAMENTE.....	40
FIGURA 2	- MODELO DE PNL, INTEIRO MISTO 1.....	45
FIGURA 3	- MODELO DE PNL, INTEIRO MISTO 2.....	51
FIGURA 4	- GRÁFICO COMPARATIVO DAS SÉRIES TEMPORAIS TRIMESTRAIS DAS ENTRADAS, SAÍDAS E NÍVEL DE ESTOQUE DO ITEM A6.....	55
FIGURA 5	- GRÁFICO DA SÉRIE TEMPORAL DAS DEMANDAS TRIMESTRAIS DO ITEM A1.....	58
FIGURA 6	- LAYOUT REDUZIDO PARA OITO ITENS DA ENTRADA DE DADOS NA P_C.....	60
FIGURA 7	- DADOS DA DEMANDA MÍNIMA E INTERFACE DO PLANEJAMENTO.....	61
FIGURA 8	- PLANEJAMENTO ANUAL DE COMPRAS: CRÉDITO SUPERIOR.....	63
FIGURA 9	- PLANEJAMENTO ANUAL DE COMPRAS: CRÉDITO 10% INFERIOR.....	65
FIGURA 10	- PLANEJAMENTO: CRÉDITO 10% INFERIOR E PRIORIDADE PARA O ITEM A6.....	66
FIGURA 11	- INTERFACE DO COMPRAS <sub>4</sub> .....	67
FIGURA 12	- AQUISIÇÃO: PRIMEIRO TRIMESTRE COM NUMERÁRIO CONFORME O PREVISTO.....	69
FIGURA 13	- AQUISIÇÃO: NUMERÁRIO DO PRIMEIRO E SEGUNDO TRIMESTRES LIBERADO NO SEGUNDO TRIMESTRE.....	70
FIGURA 14	- AQUISIÇÃO: NUMERÁRIO DO PRIMEIRO, SEGUNDO E TERCEIRO TRIMESTRES LIBERADO NO TERCEIRO TRIMESTRE.....	71
FIGURA 15	- AQUISIÇÃO: QUARTO TRIMESTRE COM NUMERÁRIO ATRASADO NO PRIMEIRO E NO SEGUNDO TRIMESTRES.....	72
FIGURA 16	- AQUISIÇÃO: NUMERÁRIO ÚNICO NO QUARTO TRIMESTRE.....	73
FIGURA 17	- AQUISIÇÃO: SEGUNDO TRIMESTRE, DEMANDA ACUMULADA E NUMERÁRIO MENOR_1.....	74
FIGURA 18	- AQUISIÇÃO: SEGUNDO TRIMESTRE, DEMANDA ACUMULADA E NUMERÁRIO MENOR_1.....	75
FIGURA 19	- AQUISIÇÃO: TERCEIRO TRIMESTRE E NUMERÁRIO MENOR_1.....	76
FIGURA 20	- AQUISIÇÃO TERCEIRO TRIMESTRE: NUMERÁRIO MENOR_2.....	77
FIGURA 21	- AQUISIÇÃO TERCEIRO TRIMESTRE: DEMANDA ACUMULADA, NUMERÁRIO MENOR E PRIORIDADE PARA OS ITENS A2 E A6.....	78
FIGURA 22	- AQUISIÇÃO: QUARTO TRIMESTRE, DEMANDA	

	ACUMULADA E CRÉDITO MENOR.....	79
FIGURA 23	- AQUISIÇÃO: QUARTO TRIMESTRE, DEMANDA ACUMULADA E CRÉDITO MAIOR_1.....	80
FIGURA 24	- AQUISIÇÃO: QUARTO TRIMESTRE, DEMANDA ACUMULADA E CRÉDITO MAIOR_2.....	81
FIGURA 25	- AQUISIÇÃO: QUARTO TRIMESTRE, NUMERÁRIO MAIOR E COMPRA MÍNIMA.....	82
FIGURA 26	- GRÁFICO COMPARATIVO DAS SÉRIES TEMPORAIS - TRIMESTRAIS DAS ENTRADAS, SAÍDAS E NÍVEL DE - ESTOQUE DO ITEM A1.....	88
FIGURA 27	- GRÁFICO COMPARATIVO DAS SÉRIES TEMPORAIS - TRIMESTRAIS DAS ENTRADAS, SAÍDAS E NÍVEL DE - ESTOQUE DO ITEM A2.....	89
FIGURA 28	- GRÁFICO COMPARATIVO DAS SÉRIES TEMPORAIS - TRIMESTRAIS DAS ENTRADAS, SAÍDAS E NÍVEL DE - ESTOQUE DO ITEM A3.....	90
FIGURA 29	- GRÁFICO COMPARATIVO DAS SÉRIES TEMPORAIS - TRIMESTRAIS DAS ENTRADAS, SAÍDAS E NÍVEL DE - ESTOQUE DO ITEM A4.....	91
FIGURA 30	- GRÁFICO COMPARATIVO DAS SÉRIES TEMPORAIS - TRIMESTRAIS DAS ENTRADAS, SAÍDAS E NÍVEL DE - ESTOQUE DO ITEM A5.....	92
FIGURA 31	- GRÁFICO COMPARATIVO DAS SÉRIES TEMPORAIS - TRIMESTRAIS DAS ENTRADAS, SAÍDAS E NÍVEL DE - ESTOQUE DO ITEM A7.....	93
FIGURA 32	- GRÁFICO COMPARATIVO DAS SÉRIES TEMPORAIS - TRIMESTRAIS DAS ENTRADAS, SAÍDAS E NÍVEL DE - ESTOQUE DO ITEM A8.....	94
FIGURA 33	- GRÁFICO DA SÉRIE TEMPORAL DAS DEMANDAS TRIMESTRAIS DO ITEM A8.....	95
FIGURA 34	- GRÁFICO DA SÉRIE TEMPORAL DAS DEMANDAS TRIMESTRAIS DO ITEM A2.....	96
FIGURA 35	- GRÁFICO DA SÉRIE TEMPORAL DAS DEMANDAS TRIMESTRAIS DO ITEM A3.....	97
FIGURA 36	- GRÁFICO DA SÉRIE TEMPORAL DAS DEMANDAS TRIMESTRAIS DO ITEM A4.....	98
FIGURA 37	- GRÁFICO DA SÉRIE TEMPORAL DAS DEMANDAS TRIMESTRAIS DO ITEM A5.....	99
FIGURA 38	- GRÁFICO DA SÉRIE TEMPORAL DAS DEMANDAS TRIMESTRAIS DO ITEM A6.....	100
FIGURA 39	- GRÁFICO DA SÉRIE TEMPORAL DAS DEMANDAS TRIMESTRAIS DO ITEM A7.....	101
FIGURA 40	- AQUISIÇÃO: SEGUNDO TRIMESTRE COM O NUMERÁRIO CONFORME O PREVISTO.....	107
FIGURA 41	- AQUISIÇÃO: TERCEIRO TRIMESTRE COM O NUMERÁRIO CONFORME O PREVISTO.....	108
FIGURA 42	- AQUISIÇÃO: QUARTO TRIMESTRE COM O NUMERÁRIO CONFORME O PREVISTO.....	109
FIGURA 43	- AQUISIÇÃO: QUARTO TRIMESTRE COM O NUMERÁRIO ATRASADO NO PRIMEIRO TRIMESTRE.....	110

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	- SÉRIE TEMPORAL TRIMESTRAL DAS DEMANDAS DO ITEM A1.....	58
TABELA 2	- PREVISÃO DA DEMANDA DO ITEM A1.....	59
TABELA 3	- NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DO PLANEJATRI.....	62
TABELA 4	- NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DO COMPRAS <sub>1</sub> .....	68
TABELA 5	- SUMÁRIO DOS CENÁRIOS PROPOSTOS.....	84
TABELA 6	- SÉRIE TEMPORAL TRIMESTRAL DAS DEMANDAS DO ITEM A8.....	95
TABELA 7	- PREVISÃO DA DEMANDA DO ITEM A8.....	95
TABELA 8	- SÉRIE TEMPORAL TRIMESTRAL DAS DEMANDAS DO ITEM A2.....	96
TABELA 9	- PREVISÃO DA DEMANDA DO ITEM A2.....	96
TABELA 10	- SÉRIE TEMPORAL TRIMESTRAL DAS DEMANDAS DO ITEM A3.....	97
TABELA 11	- PREVISÃO DA DEMANDA DO ITEM A3.....	97
TABELA 12	- SÉRIE TEMPORAL TRIMESTRAL DAS DEMANDAS DO ITEM A4.....	98
TABELA 13	- PREVISÃO DA DEMANDA DO ITEM A4.....	98
TABELA 14	- SÉRIE TEMPORAL TRIMESTRAL DAS DEMANDAS DO ITEM A5.....	99
TABELA 15	- PREVISÃO DA DEMANDA DO ITEM A5.....	99
TABELA 16	- SÉRIE TEMPORAL TRIMESTRAL DAS DEMANDAS DO ITEM A6.....	100
TABELA 17	- PREVISÃO DA DEMANDA DO ITEM A6.....	100
TABELA 18	- SÉRIE TEMPORAL TRIMESTRAL DAS DEMANDAS DO ITEM A7.....	101
TABELA 19	- PREVISÃO DA DEMANDA DO ITEM A7.....	101
TABELA 20	- NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DO COMPRAS <sub>2</sub> .....	102
TABELA 21	- NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DO COMPRAS <sub>3</sub> .....	102
TABELA 22	- NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DO COMPRAS <sub>4</sub> .....	103
TABELA 23	- NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DO COMPRAS <sub>2</sub> .....	103
TABELA 24	- NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DO COMPRAS <sub>3</sub> .....	104
TABELA 25	- NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DO COMPRAS <sub>4</sub> .....	104
TABELA 26	- NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DO COMPRAS <sub>2</sub> .....	105
TABELA 27	- NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DO COMPRAS <sub>3</sub> .....	105
TABELA 28	- NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DO COMPRAS <sub>4</sub> .....	105
TABELA 29	- NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DO COMPRAS <sub>4</sub> .....	106

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>ESTRUTURA DO TRABALHO.....</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>IMPORTÂNCIA DO TRABALHO.....</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>GESTÃO DE ESTOQUES.....</b>	<b>18</b>
5.1	CADEIA DE SUPRIMENTO.....	18
5.2	CONCEITO DE ESTOQUE.....	19
5.3	BREVE HISTÓRICO DA GESTÃO DE ESTOQUES.....	21
5.4	CLASSIFICAÇÃO DE ESTOQUES.....	22
5.4.1	Estoque como Reguladores na Cadeia de Abastecimento.....	23
5.4.2	Característica Funcional do Estoque.....	23
5.4.3	Surgimento de Estoques.....	24
5.5	DEMANDA.....	24
5.5.1	Demanda Determinística.....	26
5.5.2	Demanda Estocástica.....	26
5.5.2.1	Demanda de Peças de Reposição.....	27
5.6	CLASSIFICAÇÃO ABC.....	28
5.7	REDUÇÃO DE ESTOQUES.....	29
5.7.1	Redução de Estoques Cíclicos.....	30
5.7.2	Redução de Estoques de Segurança.....	30
5.7.3	Redução de Estoques de Antecipação.....	31
5.8	PREVISÃO DA DEMANDA.....	31
5.8.1	Correlação.....	33
5.8.2	Análise de Séries Temporais.....	33
5.9	PESQUISA OPERACIONAL.....	35
<b>6</b>	<b>DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE REPOSIÇÃO DE ESTOQUE.....</b>	<b>37</b>
6.1	SELEÇÃO DOS ITENS E PREVISÃO DA DEMANDA.....	40
6.2	PLANEJAMENTO DE COMPRAS.....	41
6.2.1	Entrada de Dados e Geração de Parâmetros – Programa PLANEJATRI.....	42
6.2.2	Previsão de Crédito e o Programa PLANEJATRI.....	44
6.3	AQUISIÇÃO.....	48
6.3.1	Entrada de Dados e Geração de Parâmetros – Programa COMPRAS.....	48
6.3.2	O Programa COMPRAS.....	50
<b>7</b>	<b>APLICAÇÃO DO SISTEMA DE REPOSIÇÃO DE ESTOQUE EM UM ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>54</b>
7.1	SELEÇÃO DOS ITENS.....	56
7.2	PREVISÃO DA DEMANDA.....	56
7.3	PLANEJAMENTO DE COMPRAS.....	59
7.3.1	Níveis de Estoque.....	59
7.3.2	Entrada de Dados e o Planejamento.....	60
7.3.2.1	Planejamento com Crédito Superior.....	63
7.3.2.2	Planejamento com Crédito Inferior.....	64
7.4	AQUISIÇÃO: UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA COMPRAS.....	67
7.4.1	Numerário nos Períodos Previstos.....	69
7.4.2	Numerário Atrasado no Primeiro Trimestre.....	70

7.4.3	Numerário Atrasado no Primeiro e no Segundo Trimestre.....	71
7.4.4	Numerário Atrasado com o Crédito Chegando no Quarto Trimestre.....	73
7.4.5	Numerário com Períodos e Valores Variados.....	74
7.4.5.1	Segundo Trimestre: Numerário Menor que o Valor da Demanda Acumulada.....	74
7.4.5.2	Terceiro Trimestre: Numerário Menor que o Valor da Demanda Acumulada.....	76
7.4.5.3	Quarto Trimestre: Numerário Menor que o Valor da Demanda Acumulada.....	79
7.4.5.4	Quarto Trimestre: Numerário Maior que o Valor da Demanda Acumulada.....	80
7.4.5.5	Quarto Trimestre: Numerário Maior que o Valor da Demanda Acumulada e Valor Mínimo da Proposta de Aquisição.....	82
7.5	ANÁLISES E COMPARAÇÕES.....	83
<b>8</b>	<b>CONCLUSÕES FINAIS.....</b>	<b>85</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>86</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>88</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A Pesquisa Operacional é uma ciência aplicada voltada para a resolução de problemas reais. Tendo como foco a tomada de decisões, aplica conceitos e métodos de várias áreas científicas na concepção, planejamento ou operação de sistemas (SOBRAPO, 2012, p.1). Ela é usada para avaliar linhas de ações alternativas e encontrar as soluções que melhor servem aos objetivos dos indivíduos ou organizações. Através de desenvolvimentos de base quantitativa, a Pesquisa Operacional visa também introduzir elementos de objetividade e racionalidade nos processos de tomada de decisão, sem descuidar, no entanto, dos elementos subjetivos e de enquadramento organizacional que caracterizam os problemas.

Para uma empresa de capital privado, a gestão de estoque de peças de reposição é essencial para garantir um nível de serviço adequado aos clientes, dado o valor significativo destes itens mantidos em estoque. Uma empresa pública não possui capitalização própria e nem fins lucrativos, mas a otimização dos recursos a ela disponibilizados é essencial para cumprir plenamente sua missão. Esses recursos são provenientes de parte do orçamento público, o que exige uma previsão de gastos.

A manutenção de estoques de peças de reposição é justificada pela necessidade do suporte às operações de manutenção e também proteção contra falhas nos equipamentos. Embora esta função seja bem compreendida pelos gerentes de manutenção e suprimentos das instituições governamentais, e também das empresas comerciais, permanece, ainda, o desafio de evitar grandes estoques de peças com custos excessivos de manutenção e obsolescência (PRASINOS, 2006, p. 39-74).

Controlar e gerir peças de reposição significa encontrar respostas viáveis e eficientes para questões básicas de qualquer sistema de controle de estoque: Quais peças devem ser estocadas? Quando estas peças devem ser ressupridas? Qual deve ser a quantidade do pedido? (BOTTER; FORTUIN, 1988, P. 656-674).

Com tantos requisitos essenciais relacionados a estes tipos de itens, é natural que a gestão das peças de reposição se torne uma importante área de pesquisa dentro do controle de estoque (BALLOU, 2005, p. 143-164).

De acordo com Piasecki (2001, p. 1) muito antes da chegada do computador já havia modelos de estoque para calcular a quantidade e o momento ideal para reabastecimento. O primeiro modelo de Ford Harris, de 1913, proporcionou aos fabricantes daquela época benefícios financeiros da gestão de inventário, determinando as respostas mais eficientes para as questões de quando efetuar a reposição e a quantidade ideal dessa reposição. As empresas já usavam os conceitos, ainda sem a nomenclatura consagrada, na gestão de sua produção e estoque.

Atualmente, mesmo com o grande avanço da tecnologia de informação, muitas empresas ainda não estão utilizando modelos fundamentais de estoque. Para aquele autor, parte da resposta está em maus resultados obtidos, devido principalmente às informações incorretas fornecidas aos respectivos sistemas.

No entanto, uma empresa tem que avaliar os impactos totais de suas decisões sobre estoques, a fim de poder investir adequadamente em recursos que permitam o gerenciamento destes, de forma a garantir os retornos esperados. No caso em questão, uma empresa pública, a economia com o estoque reflete um serviço público de melhor qualidade, pois possibilita a otimização e o redirecionamento dos recursos públicos.

Devido à importância deste tema, seja em empresa pública ou privada, apresentam-se no capítulo 2 os objetivos deste trabalho.

## 2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver uma ferramenta de apoio à tomada de decisão para o planejamento de compras e gerenciamento de estoque que racionalize e direcione os recursos destinados para a atividade fim de um batalhão logístico do Exército Brasileiro.

Para obtenção da solução supra proposta, seguem os seguintes objetivos específicos:

- I) Estudar as possibilidades relativas ao gerenciamento de estoque através da pesquisa bibliográfica;
- II) Reconhecer o modelo atual de planejamento de compras e reposição de estoque empregado pelo 27º Batalhão Logístico;
- III) Modelar o gerenciamento de estoque através da Programação Não Linear Inteira Mista através das variáveis de ressuprimento, quantidade de pedido e estoque de segurança dos itens considerados;
- IV) Realizar a simulação do modelo proposto de controle de estoque; e
- V) Avaliar o desempenho do modelo proposto.



### 3. ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura utilizada para o desenvolvimento deste trabalho consistirá das seguintes etapas:

- I) Introdução apresentada no capítulo 1.
- II) Objetivos apresentados no capítulo 2.
- III) Importância do trabalho apresentada no capítulo 4.
- IV) Revisão bibliográfica apresentada no capítulo 5.
- V) Descrição do sistema de reposição de estoques apresentado no capítulo 6.
- VI) Estudo de caso apresentado no capítulo 7.
- VII) Conclusões finais apresentadas no capítulo 8.

#### 4. IMPORTÂNCIA DO TRABALHO

Tomando o conceito de Administração Pública em seu sentido *orgânico*, isto é, no sentido de conjunto de órgãos e pessoas destinados ao exercício da totalidade da ação executiva do Estado, a nossa Constituição Federal positivou os princípios gerais norteadores da totalidade de suas funções, considerando todos os entes que integram a Federação brasileira (União, Estados, Distrito Federal e Municípios).

À luz do princípio da administração pública da eficiência, instituído pela Emenda Constitucional nº 19, que impõe à administração direta e indireta e aos seus agentes a persecução do bem comum, por meio do exercício de suas competências de forma imparcial, neutra, transparente, participativa, eficaz, sem burocracia, e sempre em busca de qualidade, primando pela adoção dos critérios legais e morais necessários para a melhor utilização possível dos recursos públicos, de maneira a evitar desperdícios e garantir-se uma rentabilidade social, tornam-se necessárias ações que otimizem os recursos destinados às Forças Armadas.

Neste trabalho foi desenvolvida uma ferramenta que tem como base uma planilha eletrônica do *Excel®*, vinculada a dois programas de otimização desenvolvidos no LINGO®12.0. O planejamento de compras e reposição de estoque de uma empresa pública sem gerência direta dos recursos para manter o seu estoque possui duas características que são mais contundentes neste tipo de empresa do que nas demais:

- i. O crédito disponibilizado para a reposição do estoque depende do orçamento federal e pode ser menor ou maior do que o solicitado;
- ii. A liberação desse crédito pode ocorrer também de forma irregular ao longo do ano.

Essas características impõem a esse tipo de empresa um esforço ainda maior para otimizar os recursos empregados em estoque e, dessa forma, cumprir de forma eficiente e eficaz a sua missão.

Neste trabalho foi realizado um estudo sucinto da gestão de estoques com o fim de que a ferramenta em questão, um programa de otimização, esteja de acordo com as tendências atuais. Tal estudo será apresentado no capítulo 5.

## 5. GESTÃO DE ESTOQUES

O fator primordial na gestão de estoques, para Piasecki (2001, p. 1) “O Santo Graal da gestão de estoques”, é a previsão da demanda, isto é, o conhecimento da quantidade necessária exata que deverá ser fornecida pelo sistema de estoque. Esta foi a primeira ação gerencial. Posteriormente, verificou-se que outros fatores, como o melhor momento para reposição, também mereciam atenção especial por parte dos gestores. De modo geral, estoques integram uma cadeia de suprimento (PRASINOS, 2006, p. 39-74).

### 5.1 CADEIA DE SUPRIMENTO

A Gestão de Suprimentos tem sido alvo de intenso estudo e de diversas publicações desde o início do século XX. Diversos autores têm enaltecido a relevância atual dos processos de gestão de Cadeia de Suprimentos.

Com referência à gestão de estoques, os pesquisadores observam que os conceitos não têm sido aplicados de forma plena e, em geral, as técnicas de gerenciamento de estoques se resumem na adequação das quantidades dos estoques aos processos de produção e de distribuição existentes em uma determinada empresa ou na sua extensão na cadeia de abastecimento (PRASINOS, 2006, p. 39-74). Em muitos casos, os administradores confundem essas funções de gestão dos estoques com simples mecanismos de cálculo necessários ao estabelecimento das suas quantidades ideais.

Segundo Prasinós (2006, p. 39-74), na última década do século passado, provavelmente nenhum outro assunto tenha criado tanto interesse nos profissionais de logística, acadêmicos e consultores, quanto a gestão da cadeia de suprimentos. No Brasil, possíveis fatores históricos (inflação, modelo de gestão familiar, nível de capacitação profissional) e culturais (idioma, sistema tributário, isolamento cultural, etc.) podem ter influenciado na atual interpretação e nível de adoção das técnicas de gestão de estoques.

A respeito das tendências da logística internacional no novo milênio, Skjoett-Larsen (2000, p. 377), cita oito:

- i. Gestão da Cadeia de Suprimentos;
- ii. Globalização da Cadeia de Suprimentos;
- iii. Parcerias estratégicas;
- iv. Empresas virtuais;
- v. e-business;
- vi. Cadeias de suprimentos ecológicas;
- vii. Novas formas de gestão; e
- viii. Logística Reversa.

Especificamente com relação ao impacto do desenvolvimento do *e-business* na gestão da cadeia de suprimentos, o autor ressalta duas questões: a primeira se refere à possibilidade de troca de informações de planejamento entre empresas parceiras através da internet; a segunda se refere ao comércio eletrônico, que coloca novas demandas sobre o sistema logístico das empresas.

A administração pública também necessita integrar-se com as novas tendências a fim de gerenciar melhor o bem público. Nesse sentido, faz-se necessário um contínuo aperfeiçoamento dos processos e o conhecimento atualizado a respeito de estoques.

## 5.2 CONCEITO DE ESTOQUE

O estoque de um determinado item ou recurso usado em uma organização pode ser caracterizado pela quantificação deste item ou recurso. Por outro lado, “um sistema de estoques é um conjunto de políticas e controles que monitoram os níveis de itens em estoque, determinando quanto manter e quando comprar” (ELSAYED<sup>1</sup>; BOUCHER, 1988, P. 656-674, apud Kerber Filho, 2004, p. 32-35).

Assim, administrar corretamente esse sistema é essencial para o sucesso de qualquer corporação.

---

<sup>1</sup>ELSAYED, E. A.; BOUCHER, T. O. **Analysis and control of production Systems**, 2.ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, 1994.

Existem cinco razões para o surgimento e manutenção dos estoques nas empresas (PRASINOS, 2006, p. 39-74):

- i. falta de coordenação entre a demanda e a reposição;
- ii. incertezas quanto às previsões de demanda, fatores sazonais, efeitos de promoções e descontos ocasionais, variação nos prazos de entrega dos fornecedores, etc.;
- iii. especulação com a compra e venda, que visa, na maioria das vezes, tentar antecipar a ocorrência de escassez e consequente alta de preços, gerando mais valor para a empresa que puder avaliar e executar uma especulação com eficiência; e
- iv. distância dos produtos aos mercados consumidores. Muitos produtos nem sempre são produzidos próximos dos mercados de consumo. É necessária uma operação logística de transporte dos produtos dos locais onde são produzidos para os mercados que os consomem. Assim, pode ocorrer a formação de estoques por diversos pontos no canal de distribuição.

Uma empresa que realiza distribuição precisa manter estoques quando o prazo esperado de entrega de um produto pelo cliente é inferior ao prazo de solicitação, processamento e entrega deste produto a partir do fornecedor deste produto acabado, incluindo-se as eventuais variações nestes tempos.

No passado, o estoque era considerado um ativo financeiro para as empresas. Atualmente, o gerenciamento do estoque está sendo tratado como um problema empresarial (PRASINOS, 2006, p. 39-74). Dessa forma, a manutenção do estoque passa a ser tratada como um custo para a organização. Segundo Ballou (2005, p. 143-164), os custos médios anuais de manutenção de estoques em empresas de manufatura, por exemplo, são estimados ao redor de 20% a 40% do valor dos itens estocados. Assim, pode-se concluir que o estoque pode ser tratado como um passivo a ser gerenciado.

Do ponto de vista funcional, são duas as questões essenciais no *gerenciamento de estoques*:

- Quanto deve ser pedido?
- Quando os pedidos devem ser efetuados, de modo que os custos sejam minimizados?

A busca por soluções para essas duas questões direciona todo o esforço para otimizar o gerenciamento dos estoques. Por outro lado, para que o estoque cumpra sua função e não haja ruptura no processo de atendimento à demanda é necessário o controle dos níveis de estoque. O nível de um item em estoque é mensurado pela soma do estoque disponível com os recebimentos programados, subtraídos dos pedidos em atraso (KRAJEWSKI<sup>2</sup>; RITZMAN, 2002, apud Kerber Filho, 2004, p. 32-35).

Na tentativa de responder a essas questões fundamentais foram estabelecidos inicialmente dois conceitos: Lote Econômico e Ponto de Reposição.

O Lote Econômico é a quantidade ideal a ser adquirida e o Ponto de Reposição é o nível de estoque que se deve ter para ser emitido o pedido de reposição.

A necessidade de redução de custos levou também ao estudo do comportamento da demanda por meio de distribuições teóricas de probabilidade, principalmente, durante o *lead time*, isto é, o tempo que o item leva para chegar ao estoque depois da emissão de um pedido de reposição.

A seguir será apresentado de forma sucinta o desenvolvimento histórico desses conceitos.

### 5.3 BREVE HISTÓRICO DA GESTÃO DE ESTOQUES

O marco inicial da política de gestão de estoques é o modelo proposto por Ford Harris em 1913. Esse modelo propôs que se realizassem estudos para determinar as quantidades ótimas de compra. Esta quantidade ficou conhecida como Lote Econômico que até hoje é utilizado em sistemas com demanda contínua (*perpetual demand inventories*).

Outra importante tentativa de inserir a gestão de estoques no ambiente industrial foi a publicação do livro *Purchasing and Storing (Aquisição e Armazenamento)*, em 1931. Este livro integrou um "Curso de Negócios Modernos" no Alexander Hamilton Institute, em New York.

---

<sup>2</sup>KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P. **Operations Management: strategy and analysis**. 6. ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, 2002.

Mesmo com as dificuldades da época, para Piasecki:

**I can imagine that in the 1930's an accountant (or more likely a room full of accountants) would have calculated EOQ or other inventory related formulas one item at a time in a dimly lit office using the inventory books, a mechanical adding machine and a slide rule. Time consuming as this was, some manufacturers of the time recognized the financial benefits of taking a scientific approach to making these inventory decisions. (2001, p. 1)**

Além disso, a precisão dos custos de produtos e serviços, as previsões e os prazos de entrega são cruciais para modelagem de estoques. Muitas vezes os usuários não possuem o conhecimento necessário sobre o funcionamento do *software* que foi adquirido pela corporação e, portanto, não compreendem as entradas de dados e a configuração do sistema que controla a saída. Quando a saída parece ser "fora da linha" simplesmente é ignorada (PIASECKI, 2001, p. 1)

Os conceitos ligados ao modelo de Lote Econômico foram posteriormente integrados a novos sistemas de gestão, como o de Ponto de Reposição, que procura o melhor momento para efetuar um pedido de compra e ao de Revisão Periódica (PRASINOS, 2006, p. 39-74).

A importância da gestão de estoques para os mais diversos tipos de negócios, devido à influência no desempenho das empresas, é destacada no artigo de Aksoy e Erenguc (1988, p. 63-74), que mostrou que numa empresa de manufatura o custo médio dos estoques correspondia a 1,6 meses do total anual faturado com as vendas. Para empresas de varejo, de 1,4 meses e de 1,2 meses no caso dos distribuidores. Assim, cada vez mais ficava evidenciada a necessidade de se administrar melhor os estoques.

Segundo Kerber Filho (2004, p. 32-35): *"Para o gerenciamento mais eficiente dos estoques, é estratégica a compreensão dos diferentes tipos (de estoques)"*. Na próxima seção serão apresentados alguns modelos fundamentais de estoque.

## 5.4 CLASSIFICAÇÃO DE ESTOQUES

Na literatura pesquisada sobre gerenciamento de estoques destacaram-se três formas de classificá-los:

- i. de acordo com o papel “regulador” que eles assumem na cadeia de abastecimento;
- ii. de acordo com a característica funcional do estoque; ou
- iii. de acordo com a forma como foram criados;

#### 5.4.1 Estoques como Reguladores na Cadeia de Abastecimento

Para regularização de taxas de suprimento pelo fornecedor de matéria-prima aos processos de industrialização e manufatura, por exemplo, é necessário o acúmulo de quantidades daquela matéria-prima, a fim de não se interromper o processo de produção (PRASINOS, 2006, p. 39-74). Por outro lado, existe a classificação dos estoques de produtos semi-acabados, que devem ser regulados a fim de propiciar mínimo ou nenhum impacto às fases mais avançadas de montagem e finalização de produtos industrializados (LEVY; WEITZ, 2000).

Este trabalho foi dirigido ao gerenciamento do estoque de uma empresa pública que lida com produtos acabados. Assim, a análise da literatura somente terá foco nos métodos e técnicas descritas para estes produtos.

#### 5.4.2 Característica Funcional do Estoque

De acordo com Zizka (2005, p. 119-127), tomando-se como base a característica funcional dos estoques, o termo estoque pode ser subdividido em algumas subcategorias. Estas categorias podem ser identificadas como: estoque cíclico, estoque de segurança, estoque de antecipação, estoque de produtos em processo, estoque estratégico, estoque especulativo e estoque tecnológico.

Para Sandvig (1998, p. 28) o foco dos estudos e abordagens sobre a administração de estoques tem sido os estoques cíclicos, apesar do fato de que muitas companhias possuem mais de 50% de seus estoques classificados como estoques de segurança.



### 5.4.3 Surgimento de Estoques

Na seção 5.2 foram apresentadas razões para o surgimento e manutenção de estoques. KERBER FILHO (2004, P. 32-35) destaca três classificações para estoques a partir da maneira como foram criados:

- a. Estoque cíclico: o estoque cíclico é a parcela do estoque que varia de acordo com o tamanho do lote de compra ou de produção. O modelo de reposição deste estoque funciona de forma cíclica e ocorre todas as vezes que determinada quantidade do item é retirada do estoque. A partir deste ponto verifica-se a quantidade restante do estoque e, se essa quantidade restante é menor que uma quantidade predeterminada (chamada "ponto de reposição"), inicia-se o processo de ressuprimento (comprar ou produzir), buscando integrar a este estoque remanescente uma quantidade chamada "lote de ressuprimento".
- b. Estoque de segurança: O estoque de segurança é a parcela de estoque com a finalidade de proteger a empresa contra incertezas relacionadas à demanda, ao *lead time* e ao fornecimento, sob o aspecto da qualidade. O estoque de segurança evita a deficiência de atendimento aos clientes e os custos decorrentes da escassez de fornecimento.
- c. Estoque em trânsito: o estoque em trânsito é a parcela do estoque que está sendo movimentada de um ponto a outro na cadeia de suprimentos.

Independentemente da classificação de um estoque ou do modelo de gerenciamento proposto para administrá-lo é imprescindível que se estabeleça a quantidade de itens que devem permanecer no estoque. A próxima seção trata mais especificamente sobre a demanda.

## 5.5 DEMANDA

A demanda de um item pode ser considerada como a necessidade desse item por um período também determinado. Assim como em estoque, existem diferentes maneiras de classificar a demanda.

A demanda de um item pode ser classificada como dependente ou independente. A demanda dependente ocorre quando um item possui sua demanda vinculada à demanda de outros itens mantidos no estoque. Acessórios, componentes, matérias-primas, peças de um conjunto maior, podem ter suas necessidades previstas com base na demanda dos bens acabados em que esses materiais fazem parte. É um tipo de demanda determinística por estar vinculada à demanda do bem final produzido (KERBER FILHO, 2004, P. 32-35).

Por outro lado, nos estoques com demanda independente, um item não tem a demanda vinculada a de outro item do mesmo estoque. As demandas para estes itens são estimadas a partir de previsões, ou seja, são estocásticas.

Diante desses argumentos é necessária a criação de estoques de segurança como forma de proteção às respectivas incertezas, evitando com isso a ruptura, isto é, a quebra do fornecimento de itens por parte do estoque (MANCUSO, 2000, p. 21-33).

Ballou (2005, p. 143-164) classifica a demanda de acordo com o seu fluxo em cinco tipos:

- a. Demanda permanente: requer ressuprimento contínuo ou periódico.
- b. Demanda sazonal: requer o ressuprimento em momentos específicos, próximos aos picos da demanda.
- c. Demanda irregular: depende exclusivamente de métodos de previsão probabilísticos.
- d. Demanda em declínio: ocorre quando a demanda por um produto tende a terminar. Essa demanda é típica de peças de reposição de produtos com vida útil projetada, como aviões militares (MANCUSO, 2000, p. 21-33).
- e. Demanda derivada: ocorre quando a demanda de um item pode ser determinada a partir da demanda de outro. Por exemplo, pode-se calcular a necessidade de pneus novos a partir da previsão de vendas de automóveis novos (MANCUSO, 2000, p. 21-33).

Aksoy e Erenguc (1988, p. 63-74) estudaram 57 artigos específicos sobre a gestão de estoques em suas diversas manifestações e classificaram as respectivas demandas em duas categorias:

- Determinísticas; e
- Estocásticas.

### 5.5.1 Demanda Determinística

A demanda determinística é conhecida, isto é, determinada, em um período de tempo, também determinado. Os modelos de estoque com demanda determinística são divididos em: modelos determinísticos estáticos e modelos determinísticos dinâmicos (BALLOU, 2005, P. 143-164).

Nos modelos determinísticos estáticos, a dinâmica dos estoques é regida pela frequência de pedidos conhecida, com horizonte definido, com uma limitação de valor de investimento em estoques, com itens que possuem interdependência nos custos de embalagem, itens perecíveis e em processos que utilizam as etapas de manufatura e embalagem com mais de uma marca de produtos (KERBER FILHO, 2004, P. 32-35).

Os modelos determinísticos dinâmicos também possuem uma demanda conhecida e constante em um período de tempo determinado, porém com taxas diferentes para cada período discutido.

Se a demanda for assumida como constante e perpétua, nos modelos de Lote Econômico e Revisão Periódica, os métodos práticos de previsão da demanda, tais como os modelos de suavizamento exponencial ou média móvel, amplamente utilizados pelos sistemas de previsão de demanda mais populares, são suficientes para permitir a determinação muito próxima do idealizado para estes modelos de gestão de estoques (BALLOU, 2005, P. 143-164).

### 5.5.2 Demanda Estocástica

A demanda estocástica é variável. Neste caso, faz-se necessário a pesquisa por métodos de previsão adequados às características próprias da demanda e da dinâmica do estoque (SILVA, 2009, p. 5-14). A demanda nos modelos estocásticos é dividida em estocástica estática e estocástica dinâmica.

A demanda estocástica estática segue uma distribuição de probabilidade dependente do tamanho do período e que se mantém equivalente em todos os

períodos. A demanda estocástica dinâmica difere da estática, pois varia de um período a outro.

Nos modelos estocásticos a literatura se baseia principalmente em procedimentos heurísticos, que buscam estudar mais os efeitos observados do que determinar suas prováveis causas e meios de resolver as situações encontradas (KERBER FILHO, 2004, P. 32-35).

Assim, a utilização de técnicas estatísticas de previsão adequadas aos diversos modelos de demanda é essencial para a modelagem de estoques, já que a demanda e o *lead time* nem sempre são conhecidos.

Conclui-se que nos modelos estocásticos a previsão da demanda é um fator crítico para o gerenciamento de estoques e um amplo campo de pesquisa. Na próxima seção é abordada uma “classe específica” de itens que possui demanda estocástica: peças de reposição.

#### 5.5.2.1 Demanda de Peças de Reposição

Peças de reposição possuem demanda intermitente e, conseqüentemente, a previsão da demanda torna-se especialmente difícil. Vários trabalhos têm sido desenvolvidos para tratar a previsão de demanda desses itens (LEVY; WEITZ, 2000).

Na literatura relacionada ao gerenciamento de estoque de peças de reposição encontram-se muitos estudos empíricos centrados em testar métodos de previsão para demanda de itens intermitentes e *slow-moving*, isto é, de baixo giro, e poucas tentativas para implementar modelos de estoque. Segundo Silva (2009, p. 5-14), esta é uma importante distinção, pois enquanto os modelos de estoque focam em determinar os parâmetros de controle através da estimativa da função de distribuição durante todo o *lead time* e dos níveis de serviço ao cliente, os métodos de previsão objetivam obter previsões pontuais da demanda real.

O gerenciamento de estoque de peças de reposição é um fator crítico para as empresas devido ao alto custo de estoque associado a estes itens e à complexidade em desenvolver modelos de estoque para controlá-los. A grande maioria destes itens é *slow-moving* com demanda irregular e intermitente o que torna difícil a tarefa

de prever a demanda futura. No trabalho de Silva (2009, p. 5-14) foi desenvolvida uma metodologia para classificar e controlar peças de reposição considerando demanda e *lead time* estocásticos.

Para um estudo mais detalhado de métodos de previsão e controle de estoque de itens *slow-moving* e intermitentes sugere-se o trabalho desenvolvido por Silva (2009, p. 5-14) com o método de previsão *bootstrap modificado de Willemain*. Na seção 5.8 o tema previsão da demanda é tratado de forma mais generalizada.

Uma estratégia que otimiza o gerenciamento de estoques é a seleção dos itens que lhe causam maior impacto. Na próxima seção será apresentada a classificação criada por Pareto.

## 5.6 CLASSIFICAÇÃO ABC

Quando o estoque de peças de reposição possui grande variedade na demanda e no valor dos seus itens, a escolha dos itens que terão um controle mais detalhado é fundamental para o gerenciamento do estoque (KERBER FILHO, 2004, p. 32-35).

A classificação ABC foi criada por Vilfred Pareto no século XVIII e pressupõe classificar itens de acordo com o valor que representam suas totalidades no processo. Uma classificação ABC de Pareto pressupõe classificar os itens de acordo com o custo total do estoque. Os itens classificados como A, que representam 80% do custo total, normalmente respondem por 20% do total de itens. Os itens classificados como B, 30% do total de itens e a representar 15% do custo total e os itens classificados como C, 50% do total de itens e a representar 5% do custo total (KERBER FILHO, 2004, p. 32-35).

Essa classificação evidencia que apenas uma pequena porcentagem dos itens de um estoque merece maior atenção e um controle gerencial mais rigoroso. Kerber Filho (2004, P. 32-35) considera que os seguintes parâmetros devem ser utilizados na classificação ABC:

- i. Escopo: devem ser tratados de forma diferenciada os itens comprados de itens fabricados;

- ii. Critério de priorização: o valor numérico do consumo dos itens deve ser multiplicado pelos seus respectivos custos de aquisição ou produção;
- iii. Formas de apuração: pode ser através do cálculo manual, com o auxílio de uma planilha de cálculo (considerada semiautomática) ou automática (ERP);
- iv. Horizonte de alcance: deve ser considerado um período mínimo de consumo para que haja a contemplação da sazonalidade;
- v. Periodicidade de processamento: dependendo de cada caso, é conveniente atualizar a classificação conforme maior ou menor for a dinâmica de migração dos itens entre as categorias;
- vi. Pontos de corte: não há um critério universal em virtude de uma ampla diversidade de perfis para a classificação ABC. Entretanto, 80%, 15% e 5% dos valores pode ser um critério de corte conveniente, em geral, para formação das classes A, B e C, respectivamente;
- vii. Exceções: além dessas três classes, pode haver outras especiais:
  - a. itens classe “A+”, correspondendo aos mais importantes da classe “A”;
  - b. itens classe “D”, correspondendo aos itens da categoria “C” sem consumo no período considerado; e
  - c. itens classe “E”, correspondendo aos itens que devem ser excluídos do sistema porque estão desativados.

A escolha dos itens que serão “controlados” e a previsão das respectivas demandas são fundamentais para redução dos custos em estoque. Na seção 5.7 serão apresentadas algumas táticas para redução desses custos.

## 5.7 REDUÇÃO DE ESTOQUES

O estoque era considerado um ativo financeiro. Hoje é tratado como um passivo a ser gerenciado. Somente sua manutenção gira em torno de 20% do seu valor (BALLOU, 2005, p. 143-164). Dessa forma, para que a quantidade em estoque seja reduzida e, conseqüentemente, o seu custo, cada um dos tipos de estoques deve ser gerenciado de maneira apropriada (KRAJEWSKI<sup>3</sup>; RITZMAN, 2002).

A tática básica para reduzir o custo do estoque, também conhecida por alavanca, pode ser classificada como primária quando visa diminuir o estoque, ou secundária quando a atitude tomada é para minimizar os efeitos de uma tática principal (KERBER FILHO, 2004, P. 32-35).

Nas próximas subseções serão apresentadas algumas táticas para redução dos estoques cíclicos, de segurança e de antecipação.

#### 5.7.1 Redução de Estoques Cíclicos

A tática principal para a redução do estoque cíclico é a diminuição do lote, porém, a preparação requer duas alavancas secundárias que podem tornar inicialmente os custos elevados (KERBER FILHO, 2004, P. 32-35):

- i. utilização de métodos científicos para o cálculo do lote econômico e ponto de reposição; e
- ii. o aumento do índice de repetição.

#### 5.7.2 Redução de Estoques de Segurança

A alavanca para a redução do estoque de segurança é diminuição do *lead time* do processo, além de quatro táticas dependentes secundárias (KERBER FILHO, 2004, P. 32-35):

- i. melhoria da previsão;
- ii. diminuição do tempo de espera para aplicar pedidos;
- iii. minimização da incerteza de oferta; e
- iv. apoio de equipamentos e mão de obra sobressalentes.

### 5.7.3 Redução de Estoques de Antecipação

A tática principal para a redução do estoque de antecipação consiste em igualar a demanda ao ritmo de produção (KRAJEWSKI<sup>3</sup>; RITZMAN, 2002). Alterações do ritmo de produção ao longo do período de um ano são mais dispendiosas, se comparadas, por exemplo, a alterações periódicas. As seguintes táticas secundárias visam nivelar a demanda:

- i. Adoção de produtos com ciclo de demandas diferentes, de modo que a sazonalidade de um compense a do outro;
- ii. Realizar campanhas de marketing fora do pico sazonal.

A seção 5.8 trata da principal ferramenta para a redução de estoque.

## 5.8 PREVISÃO DA DEMANDA

Como apresentado no início deste capítulo, na reposição de estoques o fator principal é a precisão da previsão da demanda. Uma previsão com baixa precisão pode resultar em um planejamento muito distante da necessidade real e, conseqüentemente, a formação de estoques de segurança maiores ou menores e compras desnecessárias e de emergência (FIGUEIREDO, 2008, p. 27-52).

A previsão inicia-se com a formação de um banco de dados sobre as características relativas à demanda. Para Lira (2004, p. 6)

Toda pesquisa envolve construções teóricas que o pesquisador deseja comprovar. Para isso faz-se necessária a definição de variáveis, através das quais pode-se aferir as questões de interesse. Assim, é possível entender que a variável é uma primeira forma de operacionalizar a construção teórica.

Uma variável pode ser entendida como uma característica mensurável e pode apresentar-se em: escala nominal, ordinal ou intervalar, de acordo com as características e valores assumidos.

Na escala nominal, as variáveis são agrupadas apenas por rotulação, sem se estabelecer graduação ou ordenamento entre elas. Ao se trabalhar em escala nominal, cada unidade de observação deve ser classificada em uma e somente uma



categoria, isto é, deve ser mutuamente excludente (perfeito ou defeituoso, por exemplo).

A escala ordinal permite o agrupamento da unidade de observação de acordo com uma ordem de classificação, mas não indica a grandeza das diferenças entre os valores. Como exemplo: “Considerando a produção diária das máquinas de uma fábrica de peças de equipamentos eletrônicos, é possível classificá-las em: primeira em produção, segunda em produção, terceira em produção, e assim por diante” (LIRA, 2004, p. 6).

Na escala intervalar as unidades de observação podem se rotuladas, ordenadas e as diferenças entre elas podem ser quantificadas. Quando o zero está incluído como uma medida, a escala intervalar é chamada escala de razão. A escala de razão deve ser a preferida, sempre que possível. Pois, a partir desta, pode-se transformar em escala intervalar, ordinal ou nominal, não ocorrendo o inverso (LIRA, 2004, p. 7).

A variável pode ser classificada, ainda, de acordo com o nível de mensuração, em qualitativa ou quantitativa. Variável qualitativa é aquela cujo nível de mensuração é nominal ou ordinal, enquanto que a quantitativa é aquela em que o nível de mensuração é intervalar ou de razão. Ressalta-se, ainda, que a variável quantitativa pode ser discreta ou contínua, sendo a primeira resultante de contagem, assumindo somente valores inteiros, e a última de medições, assumindo qualquer valor no campo dos números reais.

As previsões podem ser obtidas por métodos qualitativos ou quantitativos (MANCUSO, 2000, p. 21-33). Os métodos qualitativos são baseados nas opiniões de pessoas com experiência na área ou especialistas capacitados. Dentre esses métodos destaca-se o método Delphi, pesquisa de mercado e analogia histórica.

Os métodos quantitativos consistem em analisar dados históricos de um item através da modelagem matemática para prever a demanda futura. Dentre os métodos quantitativos destacam-se os modelos de correlação e a análise de séries temporais.

### 5.8.1 Correlação

A correlação, ou grau de relação entre variáveis, procura determinar quão bem uma equação descreve ou explica a relação entre essas variáveis. Uma correlação é linear se a relação entre as respectivas variáveis puder ser explicada por meio de uma equação linear.

Nos modelos de correlação a suposição é de que a demanda está relacionada com algum fator fundamental ou fatores no meio ambiente onde ocorrem relacionamentos de causa e efeito entre esses fatores e a demanda dos itens considerados. Dessa forma, procura-se associar os dados históricos com uma ou mais variáveis que tenham alguma relação com a demanda (FIGUEIREDO, 2008, p. 27-52).

### 5.8.2 Análise de Séries Temporais

Uma série temporal é um conjunto de observações, de uma variável, ordenadas no tempo (MORETTIN; TOLOI, 2006, p. 1). Essas observações são geralmente distribuídas de maneira equidistante pelo fator tempo e possuem como característica central a presença de uma dependência serial entre elas (RIBEIRO; PAULA, 2000 p. 3). De acordo com Figueiredo:

A análise de séries temporais baseia-se na idéia de que dados relacionados com a demanda do passado podem ser usados para prever a demanda no futuro, ou seja, a tendência que gerou a demanda no passado continuará gerando a demanda no futuro. De forma mais técnica, equivale dizer que o processo estocástico gerador das observações passadas gerará, em continuidade, observações no futuro (FIGUEIREDO, 2008, p. 27-52).

Uma série temporal é representada por  $Z_t$ , onde  $t = \{1, 2, 3, 4, \dots, n\}$ , os valores de  $t$  correspondem a intervalos (defasagens) de tempo. Esses intervalos são denotados por *lags*. Para cada  $t$ , considera-se uma função densidade de probabilidade  $p(Z_t)$  (MORETTIN; TOLOI, 2006, p. 21).

Os modelos utilizados para descrever séries temporais são processos estocásticos, isto é, processos controlados por leis probabilísticas. Dessa forma,

uma série temporal também pode ser vista como a realização parcial de um processo estocástico, isto é, uma série temporal pode ser considerada como uma amostra de um determinado processo estocástico (RIBEIRO; PAULA, 2000, p. 3).

De acordo com Morettin & Toloi (2006, p. 23), antes de utilizar modelos que descrevam séries temporais “é necessário introduzir suposições simplificadoras, que nos conduzam a analisar determinadas classes de processos estocásticos”. Assim, por simplificação, aqueles autores classificam os processos estocásticos em:

- Processos estacionários: quando existir independência das observações em relação à origem dos tempos ou não estacionários, se houver dependência;
- Processos normais (Gaussianos) ou não normais: de acordo com as funções densidades de probabilidade (fdp) que caracterizam os processos; e
- Processos Markovianos ou não Markovianos: de acordo com a independência dos valores do processo, em dado instante, de seus valores em instantes precedentes (MORETTIN; TOLOI, 2006, p. 23).

Os processos estocásticos estacionários podem ser de primeira ordem (sentido forte), denominados estritamente estacionários, ou de segunda ordem (sentido amplo) também denominados fracamente estacionários. Um processo estocástico estacionário de segunda ordem possui média e variância constantes no tempo (RIBEIRO; PAULA, 2000, p. 3).

Na prática, a construção destes modelos depende da existência de métodos apropriados de estimação, da disponibilidade de programas (*software*) adequados ou de programadores. (MORETTIN; TOLOI, 2006, p. 19).

As técnicas mais utilizadas na análise de séries temporais são: médias móveis, métodos de amortecimento exponencial, regressão linear e projeção de tendência; e a metodologia Box & Jenkins que é considerada a mais importante.

Neste trabalho utilizou-se a previsão automática para séries temporais do *software Statgraphics*.

Além da previsão, o *Statgraphics* também apresenta diversas informações relativas tanto à série temporal como à própria previsão, incluindo testes de validação da previsão. Com esses dados é possível alterar manualmente o modelo selecionado, em princípio automaticamente, de modo que o modelo de previsão seja o mais “ajustado” à série temporal que está sendo analisada.

Acrescenta-se que apesar dos métodos de previsão de séries temporais estarem fundamentados na análise das observações obtidas e obtenção de um

modelo que descreva o comportamento de tais observações, algumas previsões tentam explicar o comportamento da série temporal pela comparação da evolução de outras séries (FIGUEIREDO, 2008, p. 27-52). Dessa forma, pode-se analisar a correlação entre as evoluções das respectivas séries estudadas.

Os números obtidos nas previsões servem como ponto de partida para análise de várias questões a respeito do planejamento, mas a previsão por si só não pode ser o único referencial (FIGUEIREDO, 2008, p. 27-52).

O sistema de reposição de estoque proposto neste trabalho supõe previsão, mas não se fixa num método específico. Assim, pode ser utilizado o método que melhor se ajuste às respectivas demandas. O sistema proposto foi construído no ambiente da pesquisa operacional.

## 5.9 PESQUISA OPERACIONAL

Métodos e modelos surgem ao longo dos anos proporcionando utilização mais eficiente dos meios de produção, bens e serviços. Diante de diversas opções alternativas, conflitantes ou recorrentes, os gestores necessitam tomar decisões relevantes (LACHTERMACHER, 2007, p. 7).

A Pesquisa Operacional (PO) é uma área que auxilia na busca de informação e do melhor modelo, sendo que ela consiste em melhorar performances através de formulações matemáticas e processos de análise, utilizando-se de teorias já existentes, como a Programação Linear (PL), a Teoria dos Jogos, a Teoria das Filas, entre outros.

Um modelo de PO é a representação de um sistema real que pode existir ou não na realidade, podendo ser resolvido por diversas técnicas, das quais destacam-se os modelos de programação matemática: linear, dinâmica ou inteira, estocástica e programação não-linear (DÁVALOS, 2002, p. 10). Neste trabalho, foi utilizada a programação não-linear inteira mista.

Num modelo de programação matemática têm-se: variáveis de decisão, restrições e a função objetivo. As variáveis de decisão são as incógnitas do modelo. As restrições são as limitações do modelo, o que não pode ser ultrapassado para

mais ou para menos. A função objetivo, normalmente expressa por uma função matemática, é a qual deseja-se maximizar ou minimizar.

Quando um problema possui solução, dizemos que ele é factível. Por outro lado, quando um problema não possui uma solução que obedeça a todas as restrições, diz-se que o problema é infactível.

No capítulo 6 será apresentado o sistema proposto para reposição de estoques.

## 6. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE REPOSIÇÃO DE ESTOQUE

O sistema de reposição de estoque apresentado neste trabalho tem a proposta de apoiar o gerenciamento do estoque de materiais de uma empresa pública. Ele foi desenvolvido num batalhão logístico do Exército, mas pode ser testado em qualquer empresa pública que possua características semelhantes. Ressalta-se que o fator principal para o sucesso de qualquer controle de estoque é a determinação da demanda.

Procurou-se evidenciar no capítulo 5 que a determinação da demanda é um ideal a ser buscado. Encontra-se na literatura corrente modelos específicos de previsão de demanda para os diversos modelos de estoques (ver seção 5.5).

O sistema de reposição proposto utiliza demanda conhecida, isto é, a que a empresa em questão conhece e pretende utilizar. Dessa forma podem ser adaptados a este sistema modelos de previsão que melhor se adaptam às diversas modalidades de demanda.

O sistema propõe quatro etapas:

- A primeira etapa destina-se a selecionar os itens que provocam o maior impacto no orçamento destinado aos suprimentos. Propõe-se que seja utilizada a classificação ABC de Vilfred Pareto.
- Na segunda etapa, é realizada a previsão da demanda dos itens selecionados na etapa anterior. Propõe-se que essa previsão seja auxiliada pelo estudo das séries históricas das demandas desses itens.
- Na terceira etapa, as informações da primeira e da segunda etapa são empregadas numa planilha do *Excel*® vinculada a um programa de otimização (PLANEJATRI), desenvolvido no ambiente do LINGO®12.0, que propõe a reposição anual e trimestral dos materiais com demanda e orçamento previstos.
- Na quarta etapa, um segundo programa (COMPRAS), também desenvolvido no LINGO®12.0 e vinculado àquela mesma planilha, auxilia a decisão da compra ótima mediante o crédito disponibilizado.

Estas etapas estão representadas na Figura 1.

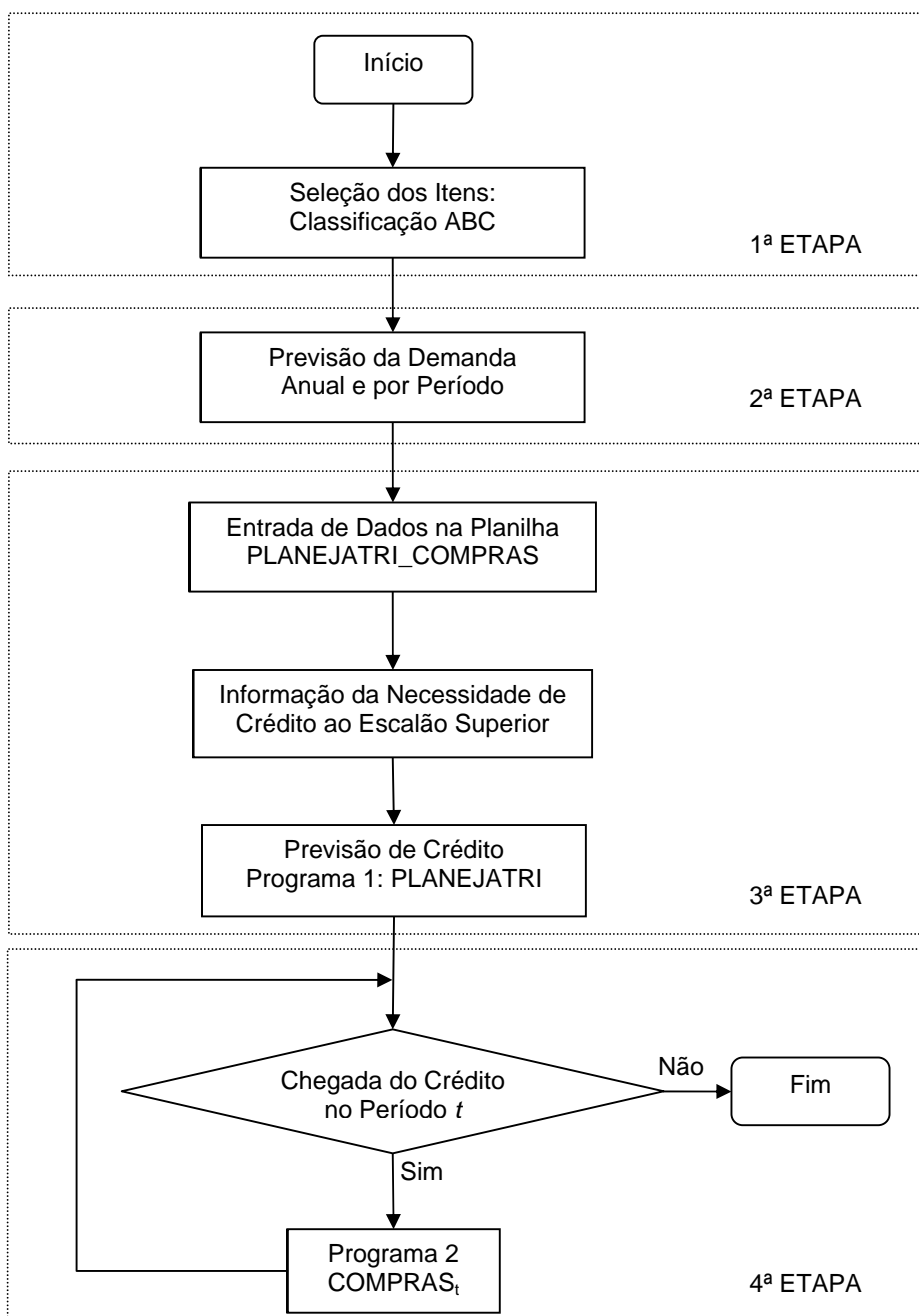


Figura 1: ETAPAS DO MODELO DE REPOSIÇÃO  
FONTE: O AUTOR (2012)

O planejamento de compras e estoque é feito inicialmente em função da previsão da demanda de cada item para cada período e da quantidade existente em estoque. A previsão de gastos é informada ao órgão superior (escalão superior) responsável pela liberação do crédito, que responde com uma previsão de crédito.

De posse da previsão de crédito, o PLANEJATRI propõe a reposição (compra) ótima para cada período do ano seguinte.

Em algumas empresas públicas ocorre que o crédito não chega conforme o previsto, isto é, nos prazos e valores planejados. Dessa forma, o crédito pode ser maior ou menor do que o previsto e, além disso, pode chegar em períodos diferentes do planejado. Assim, pode ser necessário atualizar o planejamento e o programa COMPRAS auxilia na decisão da aquisição após a chegada do crédito.

A seguir serão descritas sucintamente as etapas do sistema proposto. Para melhor entendimento, nos quadros 1, 2, 3 e 4 serão apresentados, respectivamente, a nomenclatura dos dados, das variáveis e dos parâmetros utilizados em todas as etapas do sistema.

Nestes quadros será utilizado o índice  $t = 1 \dots T$ , para indicação de período, com total de  $T$  períodos. Os itens serão representados por  $i = 1 \dots n$ , com total de  $n$  itens.

NOMENCLATURA DOS DADOS DE ENTRADA	
SIGNIFICADO	NOTAÇÃO
Estoque inicial do item $i$ no fim do ano anterior ao planejamento	$e_{ini_i}$
Fator tempo (tempo máximo que o item $i$ pode permanecer no estoque)	$f\_tempo_i$
Lead time (tempo previsto de espera da chegada do produto $i$ após a compra)	$lead\_time_i$
DADOS UTILIZADOS APENAS NO PLANEJATRI	
Previsão do crédito no período $t$ em unidades monetárias	$credito_t$
Previsão da demanda do item $i$ no período $t$	$prev\_d_{ti}$
Estoque de segurança do item $i$	$e\_seg_i$
Valor do item $i$ em unidades monetárias no início do planejamento	$v_i$
DADOS UTILIZADOS APENAS NO COMPRAS	
Crédito efetivo (numerário) disponível para compra no período $t$ em unidades monetárias	$c_t$
Acréscimo (ou decréscimo) de atualização da demanda do item $i$ no período $t$ à previsão de compras do mesmo.	$dac_{ti}$
Quantidade de itens $i$ que saíram do estoque no período $t$	$se_{ti}$
Valor atualizado do item $i$ no período $t$ em unidades monetárias	$v_{ti}$

QUADRO 1: DADOS QUE DEVEM SER INSERIDOS NA PLANILHA  
FONTE: O AUTOR (2012)

NOMENCLATURA DOS PARÂMETROS	
SIGNIFICADO	NOTAÇÃO
Prioridade do item $i$ (peso definido pelo gerente de compras)	$prio_i$
PARÂMETROS DO PLANEJATRI	
Fator de maximização da previsão da compra	$\alpha$
Fator de minimização da previsão de itens no estoque	$\beta$
Fator de minimização da previsão de itens não atendidos	$\gamma$
Percentual de aumento aceitável da previsão do estoque	$X$
PARÂMETROS DO COMPRAS	
Fator de maximização da compra no período $t$	$\alpha_t$
Fator de minimização da de itens no estoque no período $t$	$\beta_t$
Fator de minimização de itens não atendidos no período $t$	$\gamma_t$
Percentual de aumento aceitável do estoque no período $t$	$x_t$

QUADRO 2: PARÂMETROS UTILIZADOS NO SISTEMA  
FONTE: O AUTOR (2012)



NOMENCLATURA DAS VARIÁVEIS	
SIGNIFICADO	NOTAÇÃO
<b>DO PLANEJATRI</b>	
Previsão do número de itens $i$ que permanecerá no estoque no final período $t$	$prev\_e_{ti}$
Previsão do número de itens $i$ cuja demanda não foi atendida no período $t$	$prev\_nat_{ti}$
Previsão da quantidade a ser adquirida do item $i$ no período $t$	$xpc_{ti}$
<b>DO COMPRAS</b>	
Estoque relativo utilizado para minimizar o custo em estoque do item $i$	$er_{ti}$
Demanda não atendida do item $i$ no período $t$	$nat_{ti}$
Quantidade do item $i$ a ser adquirida no período $t$	$xc_{ti}$

QUADRO 3: VARIÁVEIS DO SISTEMA

FONTE: O AUTOR (2012)

NOMENCLATURA DOS DADOS GERADOS AUTOMATICAMENTE	
SIGNIFICADO	NOTAÇÃO
Fator bom (demanda anual do item $i$ )	$f\_bom_i$
Valor total dos itens selecionados no estoque no ano anterior, em unidades monetárias	V <sub>ea</sub>
<b>DADOS GERADOS UTILIZADOS APENAS NO PLANEJATRI</b>	
Previsão inicial de compra (demanda mínima) do item $i$ no período $t$	$d\_min_{ti}$
Fator mau (inverso do preço do item $i$ )	$f\_mau_i$
Valor relativo da função objetivo do PLANEJATRI utilizado na normalização	FO
Valor total (de referência) da previsão da demanda mínima no período $t$	$nec\_cred_t$
Valor total anual (de referência) da previsão da demanda mínima	$nec\_t\_cred$
Previsão do acréscimo à compra máxima do item $i$ no período $t$	$prev\_acr_{ti}$
Previsão do número de itens $i$ cuja demanda foi atendida no período $t$	$prev\_at_{ti}$
Previsão da compra máxima do item $i$ no período $t$	$prev\_cmax_{ti}$
Previsão dos percentuais de itens $i$ atendidos no período $t$	$prev\_perct\_at_{ti}$
Previsão do valor total dos itens selecionados no estoque no final do período $t$ em unidades monetárias	$pve_t$
Valor total da previsão da compra no período $t$ em unidades monetárias	$vpc_t$
Valor total anual da previsão da compra em unidades monetárias	$Vtpc$
<b>DADOS GERADOS UTILIZADOS APENAS NO COMPRAS</b>	
Acrescimento à compra máxima do item $i$ no período $t$	$acrescimo_{ti}$
Demanda atendida do item $i$ no período $t$	$at_{ti}$
Compra máxima do item $i$ no período $t$	$cmax_{ti}$
Demanda atualizada do item $i$ no período $t$	$d_{ti}$
Estoque atualizado no período $t$ (após a chegada e a saída do item $i$ do estoque)	$e_{ti}$
Fator mau atual (inverso do preço atualizado do item $i$ no período $t$ )	$f\_mau_{ti}$
Valor relativo da função objetivo do COMPRAS <sub><math>t</math></sub> utilizado na normalização	FO <sub><math>t</math></sub>
Percentual de itens $i$ atendidos no período $t$	$perct\_at_{ti}$
Valor total da compra "ótima" no período $t$	$vc_t$
Valor total do item $i$ , em unidades monetárias, no estoque, no final do período $t$	$ve_{ti}$
Valor total (de referência) para a compra no período $t$	$vr_t$

QUADRO 4: DADOS GERADOS AUTOMATICAMENTE

FONTE: O AUTOR (2012)

## 6.1 SELEÇÃO DOS ITENS E PREVISÃO DA DEMANDA

No final do ano anterior ao planejado, a empresa pública deve realizar um estudo com o intuito de prever o custo total da demanda de seu estoque para o ano

seguinte. Neste trabalho, propõe-se que o referido estudo seja apoiado pela classificação ABC e pelo estudo das séries históricas das demandas dos materiais classificados como do tipo A.

Após a determinação dos itens do tipo A, do conhecimento de suas séries históricas e das informações estratégicas da empresa, como a previsão de atividades a serem desenvolvidas pelos clientes, deve ser realizada a previsão da demanda.

Ressalta-se a importância dos seguintes parâmetros que também podem ser utilizados na previsão da demanda: *lead time*, ponto de reposição, estoque de segurança, comportamento (função de distribuição de probabilidade) da demanda durante o *lead time*, custos com o não atendimento, etc.

Neste trabalho, os dados disponibilizados proporcionaram a utilização da previsão automática de séries temporais do *software* estatístico *Statgraphics*.

Encerrada as duas etapas iniciais, seleção e previsão, a planilha do *Excel*® PLANEJATRI\_COMPRAS (P\_C) deve receber os dados para que a próxima etapa seja iniciada.

## 6.2 PLANEJAMENTO DE COMPRAS

Essa etapa é dividida em três blocos. Inicialmente as informações dos itens selecionados pela classificação ABC são inseridas na planilha P\_C que gera automaticamente diversos parâmetros que serão utilizados pelo sistema, inclusive um planejamento inicial de compras que é modelado com base nos dados inseridos das previsões das demandas, da quantidade existente no estoque e do estoque de segurança definido pela empresa (no caso do batalhão logístico conforme o Manual C 100-10(BRASIL, 2003, p. 8-4)). Esse planejamento inicial é definido como demanda mínima.

Entre os dados gerados está o vetor com os custos de referência para reposição de estoques, por períodos, que serão solicitados ao escalão superior, o vetor *nec\_cred<sub>t</sub>*. O escalão superior responde com uma previsão do crédito que estará disponível naquele ano para reposição de estoques. A previsão da disponibilidade de crédito está representada no sistema pelo vetor *credito*.

A previsão de crédito informada pelo escalão superior pode ser diferente daquela solicitada pela empresa que administra o estoque. Nesse caso, o planejamento inicial gerado automaticamente na P\_C, deverá ser adaptado ao crédito informado e o programa PLANEJATRI propõe um planejamento de compras que busca otimizar o estoque da empresa.

#### 6.2.1 Entrada de Dados – Programa PLANEJATRI

As informações essenciais para o início da aplicação do modelo de planejamento são:

- i. Identificação dos itens;
- ii. Previsão trimestral da demanda de cada item do planejamento;
- iii. Estoque no ano anterior de cada item selecionado;
- iv. Valor (custo) por item; e
- v. Estoque de segurança.

Além dessas informações, o programa admite informações complementares que poderão ser utilizadas como fatores de peso na decisão de reposição, caso estejam disponíveis:

- vi. Vida útil de cada item;
- vii. Lead time (tempo de espera entre a compra e o recebimento do item);  
e
- viii. Prioridade do item (peso atribuído pelos gerentes de acordo com seu conhecimento estratégico).

Se as informações complementares não estiverem disponíveis, o programa utiliza o valor numérico da unidade (elemento neutro da multiplicação).

Com a entrada dos dados essenciais, a P\_C gera automaticamente “novos dados” que serão utilizados no sistema. Os dados gerados inicialmente são:

- a) Previsão da necessidade mínima de compra por item e por trimestre. Os dados da demanda, do estoque de segurança e dos níveis de estoque são utilizados para determinar  $d_{\min}$ , de modo a manter o nível de serviço do estoque (ver 5.2):

$$d\_min_{ii} = \begin{cases} prev\_d_{ii} + e\_seg_i - e\_ini_i, & \text{se } prev\_d_{ii} + e\_seg_i > e\_ini_i \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases} \quad (1)$$

$$i = 1 \dots n$$

$$d\_min_{ti} = \begin{cases} prev\_d_{ti} + e\_seg_i - e_{ti}, & \text{se } prev\_d_{ti} + e\_seg_i > e_{ti} \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases} \quad (2)$$

$$t = 2 \dots T \quad \text{e} \quad i = 1 \dots n$$

- b) O vetor fator “bom”, que será utilizado como peso da função objetivo do PLANEJATRI. O  $f\_bom_i$  é a demanda anual do item  $i$ :

$$f\_bom_i = \sum_{t=1}^T d_{ti}, \quad i = 1 \dots n \quad (3)$$

- c) O vetor fator “mau”, que também será utilizado como peso da função objetivo do PLANEJATRI. O  $f\_mau_i$  é o inverso do valor do item  $i$ :

$$f\_mau_i = \begin{cases} \frac{1}{v_i}, & \text{se } v_i > 0 \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases}, \quad i = 1 \dots n \quad (4)$$

- d) A matriz  $prev\_acr$  representa o acréscimo na previsão de compra de cada item em cada período. Ela é posteriormente adicionada à  $d\_min$  para formar a matriz  $prev\_cmax$ . O valor de  $prev\_acr_{ti}$  é nulo se  $d\_min_{ti}$  é nulo, caso contrário:

$$prev\_acr_{ti} = \begin{cases} 0, & \text{se } d\_min_{ti} = 0. \\ 1, & \text{se } 0 < d\_min_{ti} \cdot x < 1 \\ d\_min_{ti} \cdot x, & \text{se } d\_min_{ti} \cdot x > 1 \end{cases} \quad (5)$$

$$t = 1 \dots T \quad \text{e} \quad i = 1 \dots n$$

O parâmetro  $x$  representa um percentual de acréscimo permitido para cada item.

- e) A matriz  $prev\_cmax$ , que representa a compra máxima no PLANEJATRI.

$$prev\_cmax_{ti} = d\_min_{ti} + prev\_acr_{ti}, \quad t = 1 \dots T \quad \text{e} \quad i = 1 \dots n \quad (6)$$

- f) O valor em estoque no ano anterior dos itens selecionados:

$$veaa = \sum_{i=1}^n e\_ini_i * v_i \quad (7)$$

- g) O vetor  $nec\_cred_t$ . As componentes deste vetor são os valores de referência da demanda mínima, por período, que serão informados ao escalão superior para a solicitação do crédito:

$$nec\_cred_t = \sum_{i=1}^n d\_min_{ti} * v_i, \quad t = 1 \dots T \quad \text{e} \quad i = 1 \dots n \quad (8)$$

- h) O valor total anual de referência da demanda mínima que será informado ao escalão superior para a solicitação do crédito:

$$nec\_t\_cred = \sum_{t=1}^T nec\_cred_t \quad (9)$$

Com a chegada da previsão de crédito, o vetor *credito* deve ser preenchido com os valores informados pelo escalão superior e, desta forma, é possível iniciar o último bloco da 3ª etapa. Após a execução completa da 3ª etapa, a P\_C ainda informa:

- i) A previsão do valor em estoque dos itens selecionados no final de cada período do planejamento:

$$pve_t = \sum_{i=1}^n prev\_e_{ti} * v_i, \quad t = 1 \dots T \quad (10)$$

- j) A previsão das demandas atendidas por item e por período:

$$prev\_at_{ti} = d\_min_{ti} - prev\_nat_{ti}, \quad t = 1 \dots T \text{ e } i = 1 \dots n \quad (11)$$

- k) A previsão dos percentuais de atendimento por item e por período:

$$prev\_perct\_at_{ti} = \begin{cases} \frac{prev\_at_{ti}}{d\_min_{ti}}, & \text{se } d\_min_{ti} > 0 \\ 1, & \text{caso contrário.} \end{cases} \quad (12)$$

$t = 1 \dots T \quad \text{e} \quad i = 1 \dots n$

- l) O valor total da previsão da compra no período t:

$$vpc_t = \sum_{i=1}^n xpc_{ti} * v_i, \quad t = 1 \dots T \quad (13)$$

- m) O valor total anual da previsão da compra:

$$vtpc = \sum_{t=1}^T vpc_t \quad (14)$$

De posse das informações do vetor *credito* deve ser iniciada a modelagem do planejamento.

## 6.2.2 Previsão de Crédito e o programa PLANEJATRI

O modelo de planejamento foi codificado no PLANEJATRI, e desenvolvido no LINGO®12.0. É um programa de otimização que interage com os dados da P\_C. O PLANEJATRI utiliza as informações do estoque, da previsão da demanda, das

características dos materiais e da disponibilidade de crédito para planejar a compra ótima, por períodos, em função do crédito previsto.

O objetivo deste programa é encontrar uma solução que maximiza o valor total da compra, minimiza o valor total do estoque e minimiza quantidade de itens não atendidos quando o crédito é insuficiente. Quando o crédito é diferente do valor de referência é possível aumentar um percentual em cada item do planejamento. Esse percentual está representado na variável  $x$ .

O modelo matemático desse processo está representado através da função  $z$  do Modelo I, conforme a figura 2.

Modelo I:

$$\begin{aligned} \text{Maximizar } z(xpc_{ti}) = & \alpha \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n f\_bom_i * f\_mau_i * lead\_time_i * f\_tempo_i * xpc_{ti} \\ & - \beta \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n v_i * prev\_e_{ti} - \gamma \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n f\_bom_i * prio_i * prev\_nat_{ti} \end{aligned}$$

Restrições:

$i = 1 \dots n$ :

- $prev\_e_{ii} = \begin{cases} e\_ini_i + xpc_{ii} - prev\_d_{ii}, & \text{se } e\_ini_i + xpc_{ii} > prev\_d_{ii} \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases}$
- $prev\_nat_{ii} = \begin{cases} d\_min_{ii} - xpc_{ii}, & \text{se } d\_min_{ii} > xpc_{ii} \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases}$

$t = 2 \dots T$ ; e  $i = 1 \dots n$ :

- $prev\_e_{ti} = \begin{cases} prev\_e_{t-1i} + xpc_{ti} - prev\_d_{ti}, & \text{se } prev\_e_{t-1i} + xpc_{ti} > prev\_d_{ti} \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases}$
- $prev\_nat_{ti} = \begin{cases} d\_min_{ti} - xpc_{ti}, & \text{se } d\_min_{ti} > xpc_{ti} \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases}$

$t = 1 \dots T$ ; e  $i = 1 \dots n$ :

- $xpc_{ti} \leq prev\_cmax_{ti}.$
- $\sum_{i=1}^n v_i \cdot xpc_{ti} \leq credito_t.$

Variáveis inteiras:

- $xpc_{ti} = 0.$
- $prev\_e_{ti} = 0.$
- $prev\_nat_{ti} = 0.$

FIGURA 2: MODELO DE PNL, INTEIRO MISTO 1  
FONTE: O AUTOR (2012)

As variáveis de decisão são:

- $x_{p_{ti}}$ : (variável independente) representa a previsão da quantidade a ser adquirida do item  $i$  no período  $t$ ,

Como variáveis dependentes têm-se:

- $prev\_e_{ti}$ : (variável dependente) representa a previsão do número de itens  $i$ 's que permanecerão no estoque no final do período  $t$ ,
- $prev\_nat_{ti}$ : (variável dependente) representa a previsão da quantidade não atendida do item  $i$  no período  $t$  quando o crédito previsto é menor do que o valor de referência.

O  $f\_bom_i$  associado ao item  $i$  é um coeficiente diretamente proporcional à demanda anual do item  $i$ , isto é, quanto maior a sua demanda, maior é o peso dado à decisão de comprá-lo. Considerou-se como  $f\_bom_i$  a demanda anual do item  $i$ .

O preço de compra do item  $i$  é  $v_i$ .

O  $f\_mau_i$  associado ao item  $i$  é um coeficiente inversamente proporcional ao valor do item, isto é, quanto maior o seu valor menor é o peso dado à decisão de comprá-lo. Considerou-se como  $f\_mau_i$  o inverso do valor do item  $i$ .

Para compor, em fim, os coeficientes das variáveis do modelo, o PLANEJATRI utiliza as informações complementares fornecidas pelo gerente, como pesos diretamente proporcionais aos respectivos valores:

- Vida útil de cada item  $i$ :  $f\_tempo_i$ ;
- Lead time:  $lead\_time_i$ ; e
- Prioridade:  $prio_i$ .

Os parâmetros  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  ponderam os três objetivos da função  $z$ , evitando que valores de ordem de grandezas diferentes tendenciem as decisões. No capítulo 7 é empregado um procedimento de normalização da função objetivo que aproxima a ordem de grandeza desses parâmetros.

No PLANEJATRI, além do coeficiente  $prio_i$ , que confere um peso diferenciado à decisão de compra do item  $i$ , o usuário pode, ainda, ponderar cada um dos três objetivos: maximizar a compra, minimizar o estoque e minimizar o número de itens não atendidos, manipulando os parâmetros  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ .

As restrições do Modelo I são as seguintes:

- i. A definição da variável dependente previsão de estoque:  $prev\_e_{ti}$ . Os objetivos dessa variável são:
- ii. Instrumentalizar a redução de estoque no PLANEJATRI; e
- iii. Informar a previsão de estoque em todo o período planejado.
- iv. A definição da variável dependente previsão de itens não atendidos:  $prev\_nat_{ti}$ . Essa variável também possui dois objetivos:
- v. Instrumentalizar a redução de itens não atendidos no PLANEJATRI, de forma que o atendimento à demanda mínima domine sobre os objetivos maximizar compra e reduzir estoque; e
- vi. Informar a previsão de atendimento em cada período planejado.
- vii. As previsões da compra máxima por itens e períodos:  $xpc_{ti} \leq prev\_cmax_{ti}$ . Essa restrição limita a quantidade de itens  $i$  adquirida no período  $t$ . Ela é importante, pois impede um planejamento viciado. Sem esses limites, o PLANEJATRI poderia propor a compra de somente um item de menor valor e maior saída. Esses limites são definidos pelo usuário através do parâmetro  $x$ .
- viii. O crédito previsto:  $\sum_{i=1}^n v_i \cdot xpc_{ti} \leq credito_t$ .
- ix. O estoque de segurança. Este dado influi indiretamente, compondo a  $d_{min}$ , representada em (1) e em (2). Dessa forma, o programa auxilia na decisão de quais itens devem atender aos respectivos estoques de segurança. De outra forma, por exemplo, impondo a condição: estoque de segurança = estoque, a solução pode tornar-se infactível (ver 5.9).

Após a execução do PLANEJATRI é possível avaliar o planejamento de compras, bem como o seu valor, a previsão de itens não atendidos e a previsão do valor do estoque em cada período  $t$  através das fórmulas descritas de (1) a (14) na seção 6.2.1. Assim, o usuário pode avaliar diferentes possibilidades antes de finalizar o planejamento.

O planejamento proposto visa atender as demandas informadas ao sistema. Se o crédito informado pelo escalão superior for inferior ou superior às necessidades mínimas, o programa PLANEJATRI propõe uma compra que prioriza os itens com maior demanda e também menor custo, além de minimizar o estoque.



Ressalta-se que após o PLANEJATRI propor o planejamento de compras, o gerente pode modelar “manualmente” o planejamento proposto, de forma a atender plenamente às necessidades específicas, de cada item, que não foram quantificadas no sistema.

Essa liberdade permanece também para o momento da efetivação da compra, que ocorre com a chegada do numerário (crédito efetivo para compra). Assim inicia-se a 4ª Etapa.

### 6.3 AQUISIÇÃO

A informação da liberação do crédito (chamada também de numerário) para aquisição de materiais ocorre, em geral, de forma irregular, sem datas pré-estabelecidas. Além disso, o crédito pode ser diferente do previsto para o respectivo período. Dessa forma, as compras podem ocorrer de forma diferente do previsto no planejamento, em períodos e quantidades distintas, necessitando atualizar o planejamento.

Acrescenta-se o fato de que existe um prazo para que o numerário seja utilizado. Dessa forma, torna-se imperativo que o novo planejamento de compras esteja em condições de ser aplicado no mais curto prazo possível. Esse contexto motivou o surgimento de mais um programa de otimização, o COMPRAS.

#### 6.3.1 Entrada de Dados – Programa COMPRAS

No sistema proposto, com a chegada do crédito é possível atualizar a demanda, como meio de “corrigir a previsão”, e os valores (custos) de cada item na planilha P\_C, no período considerado. Assim, torna-se necessário:

- i. informar o crédito (numerário) que chegou no período;
- ii. informar os valores (custos) atualizados de cada item (se não houver alterações podem ser utilizados os valores que já se encontram na P\_C);

- iii. informar eventuais acréscimos ou decréscimos ( $dac_{ti}$ ) às propostas de compras ( $xpc_{ti}$ );
- iv. informar o percentual de aumento permitido para os itens, por período:  $x_t$ .
- v. No final de cada período do planejamento os itens do planejamento que foram retirados do estoque devem ser registrados na P\_C ( $se_{ti}$ ).

Por simplificação, considera-se a entrada do crédito como sendo no início do período. Para cada período  $t$  do planejamento executa-se um programa  $COMPRAS_t$ .

Com a entrada dos dados do período  $t$ , a planilha P\_C gera automaticamente os seguintes “novos dados” que serão utilizados no  $COMPRAS_t$ :

- a) A demanda atualizada do item  $i$  para o período  $t$ :

$$d_{ti} = xpc_{ti} + dac_{ti} \quad i = 1 \dots n \quad (15)$$

$$d_{ti} = \begin{cases} \sum_{t=1}^T xpc_{ti} - \sum_{t=1}^{T-1} xc_{ti} + dac_{ti} & , \text{ se } \sum_{t=1}^T xpc_{ti} > \sum_{t=1}^{T-1} xc_{ti} \\ dac_{ti} & , \text{ caso contrário.} \end{cases} \quad (16)$$

$$t = 2 \dots T \quad e \quad i = 1 \dots n$$

- b) O valor total (de referência) da previsão de compra no período  $t$ :

$$vr_t = \sum_{i=1}^n d_{ti} * v_{ti}, \quad t = 1 \dots T \quad (17)$$

- c) O valor total da compra “ótima” efetiva no período  $t$ :

$$vc_t = \sum_{i=1}^n xc_{ti} * v_{ti}, \quad t = 1 \dots T \quad (18)$$

- d) O vetor fator mau atualizado no período  $t$  que também será utilizado como peso da função objetivo do  $COMPRAS_t$ . O  $f\_mau_{ti}$  é o inverso do valor atualizado do item  $i$  no período  $t$ :

$$f\_mau_{ti} = \begin{cases} \frac{1}{v_{ti}}, & \text{ se } v_{ti} > 0 \\ 0, & \text{ caso contrário.} \end{cases} \quad (19)$$

$$t = 1 \dots T \quad e \quad i = 1 \dots n$$

- e) O  $acrescimo_{ti}$ , determinado pelo parâmetro  $x_t$ , à previsão de compra a todos os itens, em cada período. Ele é posteriormente adicionado à  $d_{ti}$  para formar o  $cmax_{ti}$ .

$$acrescimo_{ti} = \begin{cases} 0 & , \text{ se } d_{ti} = 0. \\ 1 & , \text{ se } 0 < d_{ti} \cdot x_t < 1 \\ d_{ti} \cdot x_t & , \text{ se } d_{ti} \cdot x_t > 1 \end{cases} \quad (20)$$

$$t = 1 \dots T \quad e \quad i = 1 \dots n$$

f) O  $cmax_{ti}$  representa o número máximo de itens  $i$  adquiridos no  $COMPRAS_t$ .

$$cmax_{ti} = d_{ti} + acrescimo_{ti}, \quad t = 1 \dots T \quad e \quad i = 1 \dots n \quad (21)$$

g) A quantidade atendida do item  $i$  no período  $t$ .

$$at_{ti} = d_{ti} - nat_{ti}, \quad t = 1 \dots T \quad e \quad i = 1 \dots n \quad (22)$$

h) O percentual dos itens atendidos por item e por período:

$$perct\_at_{ti} = \begin{cases} \frac{at_{ti}}{d_{ti}} & , \quad se \ d_{ti} > 0 \\ 1 & , \quad caso \ contrário. \end{cases} \quad t = 1 \dots T \quad e \quad i = 1 \dots n \quad (23)$$

i) O  $e_{ti}$  representa a quantidade do item  $i$  que permaneceu no estoque após a compra e a saída do estoque do respectivo item no período  $t$ .

$$e_{ti} = \begin{cases} xc_{ti} + e\_ini_i - se_{ti}, & se \ t = 1 \\ xc_{ti} + e_{ti} - se_{ti}, & se \ t \neq 1 \end{cases} \quad t = 1 \dots T \quad e \quad i = 1 \dots n \quad (24)$$

j) Valor total dos itens  $i$  do estoque no final do período  $t$ .

$$ve_{ti} = v_{ti} * e_{ti} \quad (25)$$

k) Nas últimas linhas da  $P\_C$  é apresentado um resumo anual com os valores em estoque dos itens do planejamento:

$$ve_t = \sum_{i=1}^n e_{ti} * v_{ti}, \quad t = 1 \dots T \quad (26)$$

### 6.3.2 O Programa COMPRAS

Com a chegada do crédito emprega-se o programa 2, **COMPRAS**. É um programa semelhante ao **PLANEJATRI**, isto é, um programa de otimização desenvolvido no **LINGO®12.0** que interage com a planilha **P\_C**. O **COMPRAS** utiliza as previsões de compras delineadas na 3ª Etapa; as informações atualizadas da demanda, dos valores (custos) atualizados de cada item, do movimento dos itens do planejamento no estoque e do crédito que chegou, para efetuar a compra ótima, para um período ou mais, dependendo da quantidade recebida.

Assim como no **PLANEJATRI**, o objetivo deste programa é encontrar uma solução que maximiza o valor total da compra, minimiza o valor total do estoque

relativo e minimiza quantidade de itens não atendidos quando o crédito é insuficiente. O estoque relativo é a previsão de estoque atualizada.

O modelo matemático desse processo está representado através da função  $z_t$  do Modelo II, representado na figura 3, onde  $t$  representa o período de recebimento de crédito:

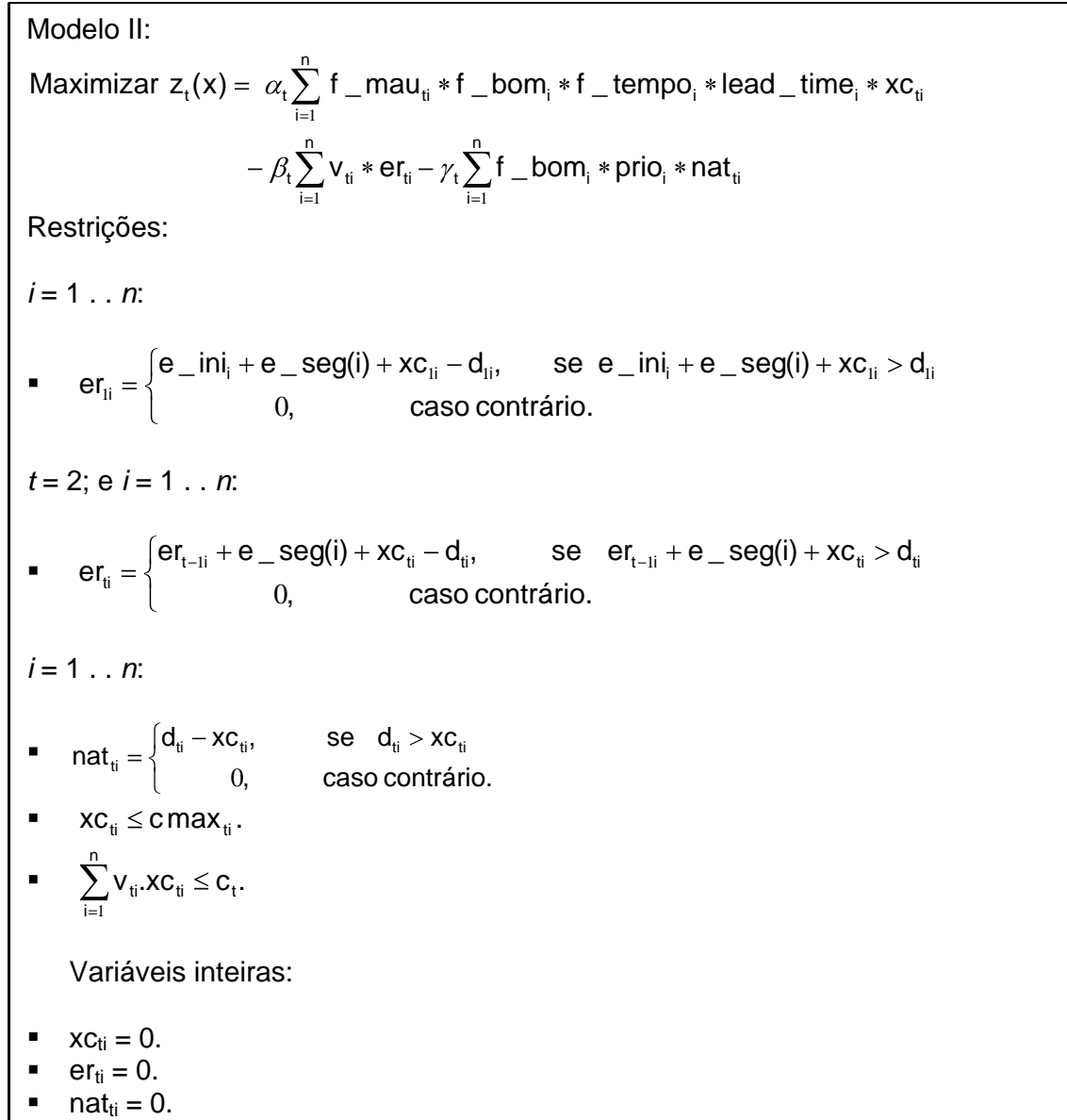


FIGURA 3: MODELO DE PNL, INTEIRO MISTO 2  
FONTE: O AUTOR (2012)

As variáveis de decisão são:

- i.  $xc_{ti}$ : (variável independente) representa a quantidade a ser adquirida do item  $i$ ;

Como variáveis dependentes têm-se:

- ii.  $er_{ti}$ : (variável dependente) representa a previsão do número de itens  $i$  que permanecerá no estoque relativo, no final do período  $t$ , e
- iii.  $nat_{ti}$ : (variável dependente) representa a quantidade não atendida do item  $i$  no período  $t$ .

O estoque relativo desconsidera os possíveis erros de previsão de demanda. Esses erros podem ser minimizados ao longo do processo com o acréscimo ou o decréscimo de itens à previsão de compra  $dac_{ti}$  (20 e 21) e com a atualização dos movimentos de saídas do estoque:  $se_{ti}$ .

Os coeficientes da função objetivo do  $COMPRAS_t$  são compostos, praticamente, da mesma forma que os coeficientes do  $PLANEJATRI$ , com as seguintes variações:

- O  $f\_mau_{ti}$  associado ao item  $i$  no período  $t$  é atualizado juntamente com o  $v_{ti}$ .
- O  $f\_bom_i$  é mantido no bloco da função objetivo que maximiza a compra, mas é substituído pelo  $d_{ti}$  no bloco dessa mesma função objetivo, que tem a finalidade de minimizar os itens não atendidos. Dessa forma, os itens não atendidos do período são priorizados e os demais itens do planejamento recebem o peso anual de sua demanda.

As restrições do Modelo II são as seguintes:

- i. A definição da variável dependente estoque relativo:  $er_{ti}$ . O objetivo dessa variável é Instrumentalizar a redução de estoque no  $COMPRAS_t$ . O planejamento de compras inclui o estoque de segurança na demanda mínima e este, em princípio, continuará no estoque no final do respectivo período. Assim, o estoque de segurança é adicionado ao estoque relativo.
- ii. A definição da variável item  $i$  não atendido:  $nat_{ti}$ . Os objetivos dessa variável são:
- iii. Instrumentalizar a redução de itens não atendidos no  $COMPRAS_t$ , de forma que o atendimento ao planejamento de compras domine sobre os objetivos maximizar compras e reduzir estoque; e
- iv. Informar a previsão de atendimento no período.
- v. A compra máxima por item no período:  $xc_{ti} \leq cmax_{ti}$ . Essa restrição limita a quantidade de itens  $i$  adquirida no período. Da mesma forma que no

PLANEJATRI, ela é importante, pois, impede uma compra viciada. Esses limites são definidos pelo usuário através do parâmetro  $x_t$ .

vi. O crédito: 
$$\sum_{i=1}^n v_{ti} \cdot x c_{ti} \leq c_t .$$

Quando o crédito é diferente do valor previsto é possível aumentar a quantidade dos itens do planejamento no período  $t$ .

- i. Pela variação do parâmetro  $x_t$ ;
- ii. Acrescentando-se demandas dos próximos períodos; e (ou)
- iii. Acrescentando-se itens diretamente na proposta de compra ou no planejamento.

Se não houve compras em períodos anteriores ao crédito, a demanda anterior é acrescida automaticamente à demanda atual. Se houve compras em períodos anteriores que não atenderam totalmente a demanda daquele período, esse resíduo (demanda não atendida) também é acrescido automaticamente à demanda atual.

Da mesma forma que no PLANEJATRI, os parâmetros  $\alpha_t$ ,  $\beta_t$  e  $\gamma_t$  ponderam a função objetivo evitando que valores de ordem de grandezas diferentes tendenciem as decisões. Além disso, o usuário pode realizar simulações, alterando esses valores e analisando os resultados, a fim de encontrar a solução mais adequada à política de estoque da empresa.

O COMPRAS <sub>$t$</sub>  finaliza quando não há mais disponibilidade de crédito no ano.

O capítulo 7 trata do estudo de caso no qual foi desenvolvido este trabalho.

## **7. APLICAÇÃO DO SISTEMA DE REPOSIÇÃO DE ESTOQUE EM UM ESTUDO DE CASO**

O presente trabalho foi desenvolvido junto ao 27º Batalhão Logístico, cuja missão é apoiar organizações militares do Exército no Estado do Paraná (PR) e no Estado de Santa Catarina (SC). O apoio prestado pelo batalhão logístico envolve:

- Manutenção de materiais de emprego militar;
- Apoio técnico; e
- Fornecimento de suprimentos.

Os suprimentos são agrupados em diversas classes de acordo com características próprias destes materiais, definidas pelo Exército. Peças de viaturas, por exemplo, são integrantes da Classe IX. Neste trabalho não serão especificados as demais classes nem serão mencionadas todas as classes que o batalhão logístico opera, por motivo de sigilo das operações da referida organização militar.

Os recursos para as atividades logísticas são provenientes de parte do orçamento federal destinado às Forças Armadas. Para tanto, faz-se necessária uma previsão de gastos com pelo menos um ano de antecedência. Atualmente a previsão é tomada com base na experiência dos gestores e com dados obtidos das séries históricas. O batalhão logístico possui uma seção chamada Comando de Operações de Apoio Logístico (COAL) que coordena e controla todas as atividades de apoio do batalhão.

O Exército Brasileiro possui um sistema de controle detalhado dos seus materiais chamado SIMATEX. Esse sistema registra as entradas e saídas de todos os materiais das Organizações Militares do Exército Brasileiro.

O SIMATEX é capaz de emitir relatórios sobre as entradas e saídas de cada item, para um determinado período, o que possibilita realizar inferências estatísticas. Com isso, foi possível gerar séries temporais das demandas dos itens selecionados.

Essas séries podem não retratar fielmente as demandas dos itens, pois verificou-se que as quantidades em estoque de alguns itens permaneceram nulas por algum tempo e, dessa forma, a modelagem do respectivo processo gerador da série, pode não ter captado todas as autocorrelações entre os períodos de valores nulos (SILVA, 2009, p. 5-14).

A figura 4 representa um gráfico comparativo entre as entradas, saídas e o nível de estoque (calculado a partir das diferenças entre entradas e saídas) por trimestre, do item A6. No apêndice A são apresentados os gráficos comparativos dos demais itens selecionados.

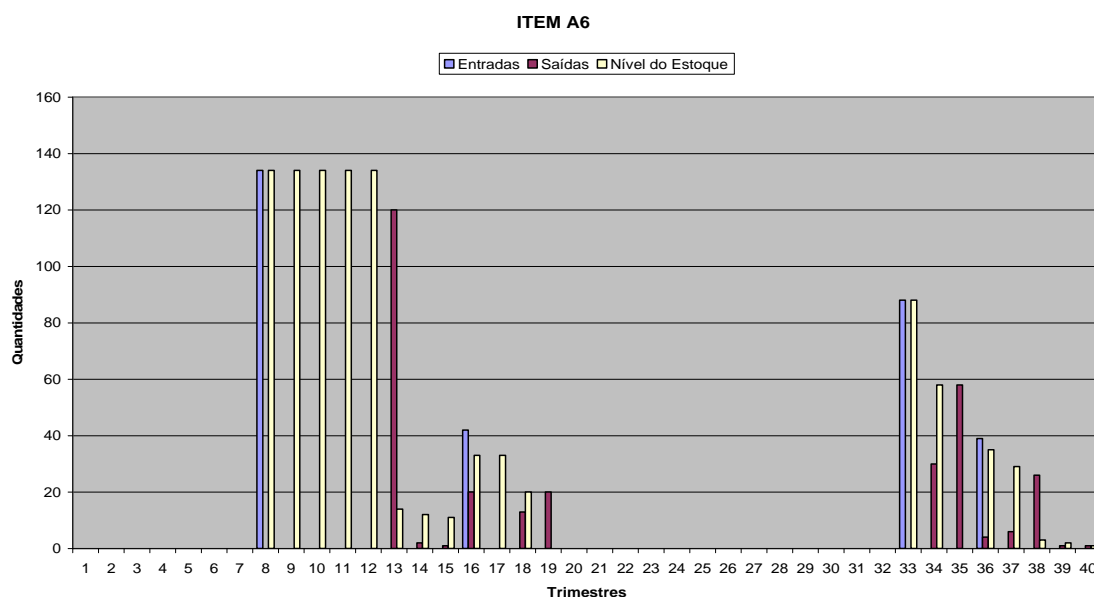


FIGURA 4: GRÁFICO COMPARATIVO DAS SÉRIES TEMPORAIS TRIMESTRAIS DAS ENTRADAS, SAÍDAS E NÍVEL DE ESTOQUE DO ITEM A6  
FONTE: O AUTOR (2012)

Atualmente o SIMATEX tem a finalidade de controle de material. Porém, o seu banco de dados pode ser incrementado com uma ferramenta geradora de séries temporais dos movimentos dos itens em estoque e também de classificação ABC, o que pode vir a facilitar futuramente qualquer sistema de controle e reposição de estoque que se deseje implantar.

Os itens do estoque de um batalhão logístico são variados em vários aspectos, tornando-se necessário um estudo mais detalhado sobre o comportamento da demanda, sazonalidade do crédito disponibilizado para aquisição, *lead times*, correlação entre as demandas, e estoque de segurança desses itens. Esse estudo é indicado como sugestão para trabalhos futuros.

No final do ano anterior ao ano planejado, o COAL realiza um estudo com o intuito de prever o custo total da demanda de seu estoque para o ano seguinte. Neste trabalho, propõe-se que o referido estudo seja apoiado pela classificação ABC e pelo estudo das séries históricas das demandas dos materiais classificados como do tipo A.



## 7.1 SELEÇÃO DOS ITENS

Foram selecionados oito itens de uma determinada classe de peças de reposição para simulação da previsão da demanda e posterior utilização no sistema. A seguir, serão enumeradas as razões pelas quais se justifica a referida seleção:

- a) Classificação ABC: essas peças de reposição representaram 90% do custo total do estoque da classe a que elas pertencem.
- b) Esses itens são peças de reposição de um único equipamento que é utilizado de modo uniforme e padronizado, inclusive em períodos regulares. Dessa forma, as respectivas variáveis que originaram o consumo dessas peças de reposição possivelmente permaneceram inalteradas.
- c) Para Ballou (2005, p. 143-164) se a demanda for assumida como constante e perpétua nos modelos de Lote Econômico e Revisão Periódica, os métodos práticos de previsão da demanda tais como os modelos de suavizamento exponencial (*exponential smoothing*) e média móvel, amplamente utilizados pelos sistemas de previsão de demanda mais populares, são suficientes para permitir a determinação muito próxima do idealizado para estes modelos de estoques.
- d) As previsões obtidas por métodos quantitativos se baseiam em uma série de dados históricos e assumem que o comportamento da série tende a se manter o mesmo no futuro, desde que as variáveis que determinam a demanda não se alterem (FIGUEIREDO, 2008, p. 27-52).

Na seção 7.2 é apresentada a previsão da demanda dos itens selecionados através do estudo das respectivas séries temporais.

## 7.2 PREVISÃO DA DEMANDA

Após a determinação dos itens do tipo A, do conhecimento de suas séries históricas e das informações estratégicas do COAL, deve ser realizada a previsão da

demanda. Nesse caso, a análise de séries temporais torna-se uma ferramenta importante à medida que o banco de dados das séries é enriquecido.

Nos sistemas de gerenciamento de estoque estudados verificou-se a presença de outros parâmetros utilizados na previsão da demanda: ponto de reposição, estoque de segurança, comportamento da demanda durante o *lead time*, custos com o não atendimento, etc. Na empresa em questão esses parâmetros ainda não estão plenamente tabelados, portanto não operacionais e permanecem em estudo.

As incertezas relativas ao crédito, tanto em volume quanto em datas de liberação, dificultam o emprego dos sistemas mais utilizados nas empresas de capital privado, como o ponto de reposição ou o sistema de revisão periódica. Ressalta-se que a melhoria do processo de fornecimento do numerário por parte dos órgãos gestores pode vir a minimizar a questão de quando e quanto comprar, ou até mesmo possibilitar o pleno emprego dos referidos conceitos, num batalhão logístico.

Assim, frente ao atual modelo de gestão econômica, buscou-se modelar o estoque com base no sistema de revisão periódica. Em comum acordo com as autoridades do COAL foi verificado que a previsão trimestral atenderia de forma satisfatória às demandas (do batalhão), não excluindo a possibilidade de tratá-la em períodos maiores ou menores. Nesses casos, podem-se utilizar as informações proporcionalmente, ou mesmo modificar o programa de forma a atender em outros períodos. Este planejamento trimestral originou o nome do programa de planejamento PLANEJATRI.

Peças de reposição compõem a maior parcela do estoque de um batalhão logístico e estas possuem demanda intermitente e, conseqüentemente, a previsão da demanda torna-se especialmente difícil. Segundo relata Silva (2009, p. 5-14) o método de previsão *bootstrap modificado de Willemain* é o mais adequado para este tipo de demanda, pois “tem a vantagem de capturar melhor as autocorrelações entre as ocorrências de demanda, especialmente quando lidamos com demandas intermitentes com uma alta proporção de valores nulos”. Essa metodologia não foi empregada neste trabalho, pois requer um banco de dados não disponível para consulta. Buscou-se com as informações disponibilizadas encontrar uma categoria de itens cuja previsão da demanda pudesse ser executada utilizando a previsão automática para séries temporais de um *software* estatístico comercial.

As séries temporais que representam as demandas passadas de cada um dos oito itens selecionados foram obtidas da seguinte forma:

- i. Foi extraído do SIMATEX um relatório de movimentos de entrada e saída do item no estoque;
- ii. Com auxílio de uma planilha, as quantidades registradas de saída no estoque foram agrupadas (adicionadas) por trimestres gerando séries trimestrais de demanda do item.

A tabela 1, a figura 5 e a tabela 2 representam, respectivamente, a série trimestral do item A1, o seu gráfico e a previsão fornecida pelo *Automatic Forecasting* do Statgraphics. Constam no apêndice B as respectivas séries, gráficos e previsões dos demais itens, com suas respectivas previsões:

Trimestres	Saídas	Trimestres	Saídas	Trimestres	Saídas	Trimestres	Saídas
1º 2002	0	3º 2004	0	1º 2007	0	3º 2009	0
2º 2002	0	4º 2004	10	2º 2007	0	4º 2009	2
3º 2002	0	1º 2005	8	3º 2007	9	1º 2010	0
4º 2002	0	2º 2005	0	4º 2007	0	2º 2010	12
1º 2003	3	3º 2005	0	1º 2008	0	3º 2010	12
2º 2003	4	4º 2005	22	2º 2008	3	4º 2010	16
3º 2003	0	1º 2006	0	3º 2008	0	1º 2011	2
4º 2003	0	2º 2006	4	4º 2008	0	2º 2011	2
1º 2004	0	3º 2006	2	1º 2009	1	3º 2011	4
2º 2004	4	4º 2006	23	2º 2009	0	4º 2011	4

TABELA 1: SÉRIE TEMPORAL TRIMESTRAL DAS DEMANDAS DO ITEM A1  
FONTE: O AUTOR (2012)

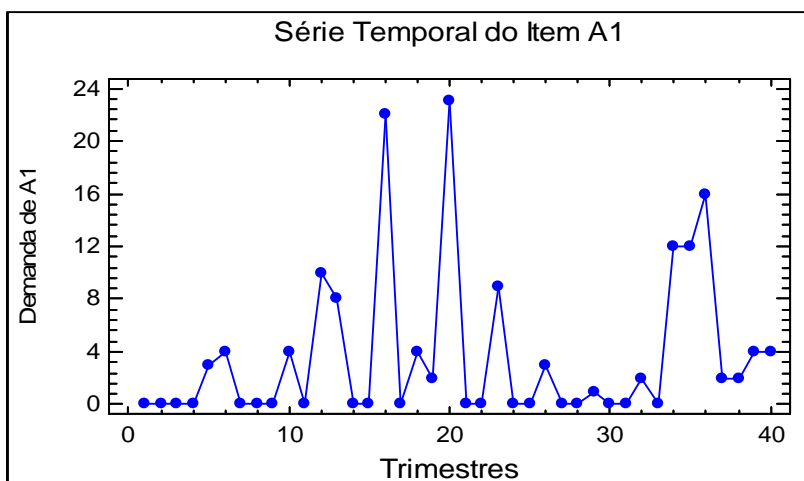


FIGURA 5: GRÁFICO DA SÉRIE TEMPORAL DA DEMANDA TRIMESTRAL DO ITEM A1  
FONTE: O AUTOR (2012)

A tabela 2 representa a previsão com o modelo média constante:

Trimestre	Previsão de demanda	Demanda considerada
1º	3,675	4
2º	3,675	4
3º	3,675	4
4º	3,675	4

TABELA 2: PREVISÃO DA DEMANDA DO ITEM A1  
FONTE: O AUTOR (2012)

### 7.3 PLANEJAMENTO DE COMPRAS

Como idealizado nesse sistema de reposição de estoque, após a seleção dos itens e a “determinação” das respectivas demandas, é iniciada a terceira etapa: planejamento por período (trimestral) das compras.

Nesse trabalho, os custos (valores) de cada item do planejamento foram alterados em escala, a fim de manter sigilo sobre as atividades do batalhão logístico. Dessa forma, a avaliação do custo do estoque, em termos percentuais, não é prejudicada.

Outro fator que foi levado em consideração foi o nível do estoque (ver 5.2), que no caso do batalhão é regido pelo Manual de Campanha C 100-10: Logística Militar Terrestre, cujos níveis de estoque são destacados na seção 7.3.1.

#### 7.3.1 Níveis de Estoque

De acordo com o C 100-10 (BRASIL, 2003, p. 8-4) nível de estoque: “é a quantidade de qualquer item, artigo ou material cuja estocagem é autorizada ou prevista, de acordo com as necessidades de distribuição para consumo”. Destacam-se, ainda, os diversos níveis de estoque considerados pelo referido manual:

1. Nível operacional: é a quantidade prevista para suprir a demanda;
2. Nível de segurança (estoque de segurança): é a quantidade além do nível operacional necessária para garantir a continuidade das operações na eventualidade de interrupções no fluxo;

3. Nível corrente: é a soma dos níveis operacional e de segurança;
4. Nível de reserva: destinado a uma finalidade específica (extraordinária); e
5. Nível máximo: é a maior quantidade de suprimento que um comando poderá ter em seu poder, computados os artigos existentes e por receber e considerando as necessidades previstas e a capacidade de armazenagem. É formado pela soma dos níveis operacional, de segurança e de reserva.

Buscou-se atender no planejamento o nível corrente. No sistema proposto, a matriz demanda mínima,  $d_{\min_{ti}}$  definida pelas equações (1) e (2), representa a quantidade de itens que devem ser adquiridos a fim de manter o nível corrente do estoque. A demanda mínima é um planejamento inicial que é utilizado nesse sistema para prever o custo anual do estoque (ver 6.2.1). O custo total da demanda mínima é definido como valor de referência. Na seção 7.3.2 é discutida a 3ª etapa do planejamento.

### 7.3.2 Entrada de Dados e o Planejamento

Os dados essenciais e complementares (ver 6.2.1) são inseridos na P\_C de acordo com o “*layout* reduzido para oito itens” representado na Figura 6:

Previsão da Demanda (unidades)								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
1 Trimestre	4	25	13	38	16	8	7	8
2 Trimestre	4	25	32	19	144	8	3	7
3 Trimestre	4	25	19	2	163	8	1	7
4 Trimestre	4	25	4	26	44	8	0	7
Valor unitário do item (em unidades monetárias)								
Valor do item	490,24	688,00	65,06	69,44	184,00	5898,24	378,88	683,84
Estoque no ano anterior (por unidades)								
e_ini	14	0	178	0	174	2	0	31
Estoque Mínimo (por unidades)								
e_seg	2	13	9	11	46	4	2	4
Vida útil média do item (em anos)								
f_tempo								
Lead time (em meses)								
lead_time	1	1	1	1	1	1	1	1
Prioridade (utilizado opcionalmente pelo gerente)								
prio								

FIGURA 6: LAYOUT REDUZIDO PARA OITO ITENS DA ENTRADA DE DADOS NA P\_C  
FONTE: O AUTOR (2012)

O *lead time* dos itens de origem nacional e que já passaram pelo processo licitatório, inerente às empresas públicas, é de 30 (trinta) dias. A quantidade em estoque de segurança permanece em estudo e foi-lhe atribuído o valor de 50% sobre a respectiva demanda (ver 5.4.2). Ressalta-se, ainda, que o fator tempo ( $f_{tempo_i}$ ), o *lead time* ( $lead\_time_i$ ) e o parâmetro prioridade ( $prio_i$ ) não têm influência sob o cálculo da demanda mínima.

Com a entrada dos dados, a P\_C gera automaticamente a demanda mínima e os demais dados utilizados pelo sistema. A Figura 7 representa os dados da demanda mínima, visíveis ao usuário, e a interface do planejamento:

Previsão da Compra amenizada pelo Estoque (Demanda Mínima)								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
1 Trime	0	38	0	49	0	10	9	0
2 Trime	0	25	0	19	32	8	3	0
3 Trime	0	25	0	2	163	8	1	0
4 Trime	4	25	0	26	44	8	0	2
Anual	4	113	0	96	239	34	13	2
Previsão do Valor da Demanda Mínima por Item e por Trimestre								
1 Trime	0,00	26.144,00	0,00	3.402,56	0,00	58.982,40	3.409,92	0,00
2 Trime	0,00	17.200,00	0,00	1.319,36	5.888,00	47.185,92	1.136,64	0,00
3 Trime	0,00	17.200,00	0,00	138,88	29.992,00	47.185,92	378,88	0,00
4 Trime	1.960,96	17.200,00	0,00	1.805,44	8.096,00	47.185,92	0,00	1.367,68
Anual	1.960,96	77.744,00	0,00	6.666,24	43.976,00	200.540,16	4.925,44	1.367,68
Planejamento de Compras								
Itens	Demanda Mínima		Crédito		Valor da Compra		Valor do Estoque	
1 Trime	91.938,88							
2 Trime	72.729,92							
3 Trime	94.895,68							
4 Trime	77.616,00							
Anual	337.180,48							
Valor do estoque no ano anterior					83.455,56		PLANEJATRI <div></div>	
Valor médio trimestral do estoque								
Previsão do valor do estoque no fim do ano								
Máximo acréscimo à compra x %								
Fator de maximização da compra $\alpha$								
Fator de minimização do estoque $\beta$								
Fator de minimização dos itens não atendidos $\gamma$							$z(xp_{ci})$	
LEGENDA DOS DADOS								
DADOS INSERIDOS PELO USUÁRIO								
DADOS GERADOS AUTOMATICAMENTE								
DADOS FORNECIDOS PELOS PROGRAMAS DE OTIMIZAÇÃO (podem ser alterados pelo usuário)								

FIGURA 7: DADOS DA DEMANDA MÍNIMA E INTERFACE DO PLANEJAMENTO

FONTE: O AUTOR (2012)

Nesse trabalho utilizaram-se suposições hipotéticas sobre a liberação de crédito a fim de realizarem-se simulações. Dessa forma, para o planejamento de compras, foram considerados três cenários: crédito igual ao valor de referência

(demanda mínima), crédito superior ao valor de referência e crédito inferior ao valor de referência.

Quando o crédito é igual ao valor de referência, o planejamento inicial definido como demanda mínima pode ser utilizado como planejamento anual de compras. Dessa forma, o programa PLANEJATRI não é utilizado.

Na utilização do PLANEJATRI é necessário ponderar os objetivos da função  $z$ , através da modulação dos parâmetros  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  (ver 6.2.2). Um procedimento foi aplicado ao PLANEJATRI, auxiliando na determinação dos referidos parâmetros, através de uma normalização. O procedimento consiste em:

- i. Aplicar o valor 1 somente para um dos parâmetros e 0 para os demais parâmetros;
- ii. Registrar o módulo do valor da função  $z(x_{pc_{ti}})$ ;
- iii. Repetir os passos (i) e (ii) para cada um dos parâmetros; e
- iv. Dividir cada parâmetro pelo respectivo valor, não nulo, de  $z(x_{pc_{ti}})$ .

Para que o PLANEJATRI cumprisse a demanda mínima, antes da normalização, a diferença de ordem de grandeza entre os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  era da ordem de  $10^8$ , entre os parâmetros  $\alpha$  e  $\gamma$ , da ordem de  $10^2$ , e entre os parâmetros  $\beta$  e  $\gamma$ , da ordem de  $10^{10}$ . A tabela 3 representa o procedimento aplicado ao planejamento:

Parâmetros			Valor da função $z(x_{pc_{ti}})$
$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	
1	0	0	2.128,57
0	1	0	108.625,64
0	0	1	0,00

TABELA 3: NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DO PLANEJATRI  
FONTE: O AUTOR (2012)

Após a normalização, os parâmetros permaneceram na mesma ordem de grandeza e o sistema tornou-se mais sensível às variações desses parâmetros, principalmente de  $\alpha$  e  $\beta$ . Assim, foi desenvolvida uma rotina na P\_C, para que os parâmetros informados pelo operador sejam automaticamente divididos pelos respectivos valores de  $z(x_{pc_{ti}})$ , conforme representados na tabela 3.

Os cenários de previsão de crédito maior ou menor são discutidos, respectivamente, nas seções 7.3.2.1 e 7.3.2.2.

### 7.3.2.1 Planejamento com Crédito Superior

A Figura 8 representa o planejamento modelado pelo PLANEJATRI, com a intervenção do usuário sob os parâmetros  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $x$ , com uma previsão de crédito aproximada à demanda mínima, com valores maiores.

Planejamento de Compras								
Itens	Demanda_Mínima		Crédito		Valor da Compra		Valor do Estoque	
1 Trime	91.938,88		92.000,00		91.938,88		94.496,18	
2 Trime	72.729,92		73.000,00		72.729,92		65.058,42	
3 Trime	94.895,68		95.000,00		94.895,68		57.074,44	
4 Trime	77.616,00		78.000,00		77.984,00		53.763,00	
Anual	337.180,48		338.000,00		337.548,48			
Valor do estoque no ano anterior					83.455,56		<div>PLANEJATRI</div> <div></div>	
Valor médio trimestral do estoque					67.598,01			
Previsão do valor do estoque no fim do ano					53.763,00			
Máximo acréscimo à compra x %					100			
Fator de maximização da compra $\alpha$					2			
Fator de minimização do estoque $\beta$					1			
Fator de minimização dos itens não atendidos $\gamma$					1		z(xpc <sub>ti</sub> )	
Planejamento da compra (resultado do PLANEJATRI)								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
1 Trime	0	38	0	49	0	10	9	0
2 Trime	0	25	0	19	32	8	3	0
3 Trime	0	25	0	2	163	8	1	0
4 Trime	4	25	0	26	46	8	0	2
Anual	4	113	0	96	241	34	13	2
Previsão do Valor da Compra por Item e por Trimestre								
1 Trime	0,00	26.144,00	0,00	3.402,56	0,00	58.982,40	3.409,92	0,00
2 Trime	0,00	17.200,00	0,00	1.319,36	5.888,00	47.185,92	1.136,64	0,00
3 Trime	0,00	17.200,00	0,00	138,88	29.992,00	47.185,92	378,88	0,00
4 Trime	1.960,96	17.200,00	0,00	1.805,44	8.464,00	47.185,92	0,00	1.367,68
Anual	1960,96	77744,00	0,00	6666,24	44344,00	200540,16	4925,44	1367,68
Previsão do Atendimento								
1 Trime	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
2 Trime	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
3 Trime	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
4 Trime	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	104,55%	100,00%	100,00%	100,00%
Anual	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,84%	100,00%	100,00%	100,00%
PREVISÃO DE ESTOQUE								
1 Trime	10	13	165	11	158	4	2	23
2 Trime	6	13	133	11	46	4	2	16
3 Trime	2	13	114	11	46	4	2	9
4 Trime	2	13	110	11	48	4	2	4
Estoque no Ano Anterior								
	14	0	178	0	174	2	0	31
Estoque de Segurança								
	2	13	9	11	46	4	2	4

FIGURA 8: PLANEJAMENTO ANUAL DE COMPRAS: CRÉDITO SUPERIOR  
FONTE: O AUTOR (2012)

Os valores dos parâmetros foram obtidos de forma empírica e buscou-se a combinação de parâmetros que fizesse a compra otimizada, respeitando a demanda



mínima, a fim de utilizar todo o crédito. Porém, o valor total do crédito previsto não foi alcançado.

No entanto, é possível, também, realizar intervenções diretas sob as quantidades propostas, pelo PLANEJATRI, a fim de alcançar o valor máximo do crédito previsto.

Outro recurso que pode ser utilizado é a antecipação das demandas. Quando uma demanda não é atendida plenamente no período previsto, o PLANEJATRI atualiza a demanda no período seguinte acrescentando o quanto faltou no período anterior. Porém, não há uma previsão de antecipação automática de demandas dos períodos posteriores. Nesse caso, o usuário pode reformular os dados de entrada da previsão de demanda, a fim de utilizar melhor o crédito disponível nos períodos previstos.

Nesse trabalho foram realizadas intervenções diretas nas quantidades propostas pelo sistema de reposição, nos possíveis cenários de utilização do COMPRAS, isto é, quando o crédito efetivo para compra (numerário) está disponível.

Ressalta-se, ainda, sobre o planejamento proposto:

- i. A previsão de estoque propõe, em cada período, a manutenção do estoque mínimo de segurança, que compõe a demanda mínima.
- ii. Ainda que se utilize um valor maior que a demanda mínima, o valor do estoque diminui em relação ao ano anterior (de R\$ 83.455,56 para R\$ 53.763,00), de forma que há uma redução de 35,58% no valor do estoque.
- iii. O estoque, ao final do ano do planejamento, não possui itens em falta.
- iv. O item A5, de maior demanda e terceiro menor custo individual, foi o único item a ter previsão de aumento em relação à demanda mínima.
- v. Para  $\alpha = \beta = \gamma = 1$  e  $0 < x < 10^5$ , o PLANEJATRI cumpriu exatamente a demanda mínima.

#### 7.3.2.2 Planejamento com Crédito Inferior

A Figura 9 representa o planejamento com uma previsão de crédito 10% menor do que o valor de referência:

Planejamento de Compras								
Itens	Demanda Mínima		Crédito		Valor da Compra		Valor do Estoque	
1 Trime	91.938,88		82.744,992		82.530,88		85.088,18	
2 Trime	72.729,92		65.456,928		65.415,36		48.335,86	
3 Trime	94.895,68		85.406,112		85.178,56		30.634,76	
4 Trime	77.616,00		69.854,4		69.259,52		30.395,32	
Anual	337.180,48		303.462,43		302.384,32			
Valor do estoque no ano anterior					83.455,56		<div>PLANEJATRI</div> <div></div>	
Valor médio trimestral do estoque					48.613,53			
Previsão do valor do estoque no fim do ano					30.395,32			
Máximo acréscimo à compra x %					100			
Fator de maximização da compra $\alpha$					1			
Fator de minimização do estoque $\beta$					1			
Fator de minimização dos itens não atendidos $\gamma$					1		z(xpc <sub>ti</sub> )	
Planejamento da compra (resultado do PLANEJATRI)								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
1 Trime	0	34	0	49	0	9	7	0
2 Trime	0	29	0	33	32	6	5	0
3 Trime	0	20	0	2	163	7	0	0
4 Trime	4	30	0	26	44	6	0	2
Anual	4	113	0	110	239	28	12	2
Previsão do Valor da Compra por Item e por Trimestre								
1 Trime	0,00	23.392,00	0,00	3.402,56	0,00	53.084,16	2.652,16	0,00
2 Trime	0,00	19.952,00	0,00	2.291,52	5.888,00	35.389,44	1.894,40	0,00
3 Trime	0,00	13.760,00	0,00	138,88	29.992,00	41.287,68	0,00	0,00
4 Trime	1.960,96	20.640,00	0,00	1.805,44	8.096,00	35.389,44	0,00	1.367,68
Anual	1.960,96	77.744,00	0,00	7.638,40	43.976,00	165.150,72	4.546,56	1.367,68
Previsão do Atendimento								
1 Trime	100,00%	89,47%	100,00%	100,00%	100,00%	90,00%	77,78%	100,00%
2 Trime	100,00%	116,00%	100,00%	173,68%	100,00%	75,00%	166,67%	100,00%
3 Trime	100,00%	80,00%	100,00%	100,00%	100,00%	87,50%	0,00%	100,00%
4 Trime	100,00%	120,00%	100,00%	100,00%	100,00%	75,00%	100,00%	100,00%
Anual	100,00%	100,00%	100,00%	114,58%	100,00%	82,35%	92,31%	100,00%
PREVISÃO DE ESTOQUE								
1 Trime	10	9	165	11	158	3	0	23
2 Trime	6	13	133	25	46	1	2	16
3 Trime	2	8	114	25	46	0	1	9
4 Trime	2	13	110	25	46	0	1	4
Estoque no Ano Anterior								
	14	0	178	0	174	2	0	31
Estoque de Segurança								
	2	13	9	11	46	4	2	4

FIGURA 9: PLANEJAMENTO ANUAL DE COMPRAS: CRÉDITO 10% INFERIOR  
FONTE: O AUTOR (2012)

Com um crédito 10% menor que o crédito de referência e mantendo o parâmetro prioridade com o mesmo valor numérico para todos os itens, o planejamento propõe que o item A6, que é o de maior custo (R\$ 5.898,24 enquanto que o segundo maior custo é R\$ 688,00) e possui uma demanda inferior à média das demandas dos outros itens (demanda média de A6 = 8, demanda média dos outros itens = 22,12), seja o item com a demanda mais prejudicada, em termos de atendimento.

Por outro lado, se a decisão for de atender plenamente a demanda do item A6, é possível alterar os parâmetros, inclusive o parâmetro *prioridade*. Os resultados são representados na Figura 10:

Prioridade (utilizado opcionalmente pelo gerente)								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
prioridade						10 <sup>5</sup>		
Planejamento de Compras								
Itens	Demanda Mínima		Crédito		Valor da Compra		Valor do Estoque	
1 Trime	91.938,88		82.744,99		82.616,00		85.173,30	
2 Trime	72.729,92		65.456,93		65.326,08		55.350,58	
3 Trime	94.895,68		85.406,11		85.370,24		44.097,16	
4 Trime	77.616,00		69.854,40		69.850,24		34.027,96	
Anual	337.180,48		303.462,43		303.162,56			
Valor do estoque no ano anterior					83.455,56		<div>PLANEJATRI</div> <div></div>	
Valor médio trimestral do estoque					55.957,21			
Previsão do valor do estoque no fim do ano					35.825,08			
Máximo acréscimo à compra x %					100			
Fator de maximização da compra $\alpha$					10 <sup>-5</sup>			
Fator de minimização do estoque $\beta$					10 <sup>-8</sup>		z(xpc <sub>it</sub> )	
Fator de minimização dos itens não atendidos $\gamma$					10 <sup>-3</sup>			
Planejamento da compra (resultado do PLANEJATRI)								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
1 Trime	0	25	0	49	0	10	8	0
2 Trime	0	15	0	6	32	8	4	0
3 Trime	0	33	0	3	83	8	0	0
4 Trime	3	15	0	40	44	8	0	0
Anual	3	88	0	98	159	34	12	0
Previsão do Valor da Compra por Item e por Trimestre								
1 Trime	0,00	17.200,00	0,00	3.402,56	0,00	58.982,40	3.031,04	0,00
2 Trime	0,00	10.320,00	0,00	416,64	5.888,00	47.185,92	1.515,52	0,00
3 Trime	0,00	22.704,00	0,00	208,32	15.272,00	47.185,92	0,00	0,00
4 Trime	1.470,72	10.320,00	0,00	2.777,60	8.096,00	47.185,92	0,00	0,00
Anual	1.470,72	60.544,00	0,00	6.805,12	29.256,00	200.540,16	4.546,56	0,00
Previsão do Atendimento								
1 Trime	100,00%	65,79%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	88,89%	100,00%
2 Trime	100,00%	60,00%	100,00%	31,58%	100,00%	100,00%	133,33%	100,00%
3 Trime	100,00%	132,00%	100,00%	150,00%	50,92%	100,00%	0,00%	100,00%
4 Trime	75,00%	60,00%	100,00%	153,85%	100,00%	100,00%	100,00%	0,00%
Anual	75,00%	77,88%	100,00%	102,08%	66,53%	100,00%	92,31%	0,00%
PREVISÃO DE ESTOQUE								
1 Trime	10	0	165	11	158	4	1	23
2 Trime	6	0	133	0	46	4	2	16
3 Trime	2	8	114	1	0	4	1	9
4 Trime	1	0	110	15	0	4	1	2

FIGURA 10: PLANEJAMENTO: CRÉDITO 10% INFERIOR E PRIORIDADE PARA O ITEM A6  
FONTE: O AUTOR (2012)

Na seção 7.4 é utilizado o programa  $COMPRAS_t$  em diversos cenários de recebimento de crédito, mas com o planejamento proposto representado na Figura 8.

## 7.4 AQUISIÇÃO: UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA COMPRAS

Neste sistema, existe um programa  $COMPRAS_t$  para cada período  $t$  do planejamento. No  $COMPRAS_t$  do último período é acrescentado um resumo anual. A Figura 11 representa a entrada automática dos dados do planejamento e a interface do  $COMPRAS_4$ , último trimestre do ano:

Entrada automática dos Dados da Demanda Atual								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
demanda_atual	4	113	0	96	241	34	13	2
Acréscimo de itens realizado pelo usuário								
dacr_4								
Demanda Atual (soma das linhas anteriores)								
d_4	4	113	0	96	241	34	13	2
Valor atualizado								
v_4								
Novo Valor Planejado (ATUALIZADO)				<div>COMPRAS<sub>4</sub></div> <div></div>				
337.548,48								
Crédito Disponível no Período								
Valor total da Compra								
0,00								
Máximo acréscimo à compra $\alpha_4$ %								
Fator de maximização da Compra $\alpha_4$								
Fator de minimização do estoque $\beta_4$								
Fator de minimização dos itens não atendidos $\gamma_4$								
						Z <sub>4</sub> (XC <sub>4i</sub> )		
Previsão da Compra Ótima (xcompra)								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Comprar								
% Atendimento	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Previsão do Valor da Compra por Item								
Valor Planejado	1.960,96	77.744,00	0,00	6.666,24	44.344,00	200.540,16	4.925,44	1.367,68
Valor Ótimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Movimentos do Estoque	Estoque Atualizado após a compra							
	14	0	178	0	174	2	0	31
	Lançamento das saídas de materiais do estoque							
	Estoque Atualizado após a compra e o Lançamento das Saídas							
Valor total	14	0	178	0	174	2	0	31
83.455,56	6.863,36	0	11.580,68	0	32.016	11.796,48	0	21.199,04
Perio	Resumo Anual							
Trim	Prev_cred	Credito	Prev_comp	Pev_c_atua	Compras	Prev_est	Est_finais	
1	92.000,00	0,00	91.938,88	91.938,88	0,00	94.496,18	83.455,56	
2	73.000,00	0,00	72.729,92	164.668,80	0,00	65.058,42	83.455,56	
3	95.000,00	0,00	94.895,68	259.564,48	0,00	57.074,44	83.455,56	
4	78.000,00	0,00	77.984,00	337.548,48	0,00	53.763,00	83.455,56	
anual	338.000,00	0,00	337.548,48	337.548,48	0,00	53.763,00	83.455,56	

FIGURA 11: INTERFACE DO COMPRAS<sub>4</sub>

FONTE: O AUTOR (2012)

Antes da utilização do PLANEJATRI foi realizado um procedimento de normalização dos parâmetros  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  (ver 7.3.2). A tabela 4 representa esse mesmo procedimento aplicado ao COMPRAS<sub>1</sub>:

Parâmetros			Valor da função $z_1(xc_{1i})$
$\alpha_1$	$\beta_1$	$\gamma_1$	
1	0	0	197,46
0	1	0	71.659,08
0	0	1	0,00

TABELA 4: NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DO COMPRAS<sub>1</sub>  
FONTE: O AUTOR (2012)

Esse procedimento foi realizado para os parâmetros  $\alpha_t$ ,  $\beta_t$  e  $\gamma_t$  do COMPRAS<sub>t</sub> em cada cenário proposto. Os resultados são representados no apêndice C.

Com o fim de testar a robustez do sistema foram propostos cinco cenários de recebimento do numerário:

- i. A seção 7.4.1 propõe o cenário ideal onde o numerário é fornecido conforme o previsto e a decisão é de cumprir exatamente o planejamento proposto.
- ii. As seções 7.4.2 e 7.4.3 propõem cenários em que há períodos sem recebimento de numerário, no entanto o valor total do numerário corresponde à demanda total. A decisão também é de cumprir o planejamento proposto.
- iii. A seção 7.4.4 propõe o cenário onde numerário é fornecido apenas no quarto trimestre, porém com o valor total previsto. Nesse cenário é discutida a decisão de maximizar a compra.
- iv. Na seção 7.4.5, o COMPRAS<sub>t</sub> é submetido a cenários onde o numerário ora é menor, ora é maior do que o custo da demanda acumulada. O numerário:
  - a) foi liberado a partir do segundo período, mas com valor inferior à demanda acumulada do primeiro e do segundo trimestres, 80% do acumulado;
  - b) é fornecido no terceiro trimestre com valor correspondendo a 50% da demanda acumulada;
  - c) é fornecido no quarto trimestre com valor correspondendo a 20% da demanda acumulada; e
  - d) é fornecido no quarto trimestre com valor 20% superior à demanda acumulada.

### 7.4.1 Numerário nos Períodos Previstos

A Figura 12 representa a proposta de aquisição no primeiro trimestre, com o valor previsto. As saídas de itens do estoque são consideradas segundo a demanda do período:

Entrada automática dos Dados da Demanda Atual										
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8		
demanda_atual	0	38	0	49	0	10	9	0		
Acréscimo de itens realizado pelo usuário										
dacr_1										
Demanda Atual (soma das linhas anteriores)										
d_1	0	38	0	49	0	10	9	0		
Valor atualizado										
v_1	490,24	688,00	65,06	69,44	184,00	5.898,24	378,88	683,84		
Novo Valor Planejado (ATUALIZADO)					<div>COMPRAS<sub>1</sub></div> <div></div>					
91.938,88										
Crédito Disponível no Período										
92.000,00										
Valor total da Compra										
91.938,88										
Máximo acréscimo à compra x %									100	
Fator de maximização da Compra $\alpha_1$									1	
Fator de minimização do estoque $\beta_1$					1					
Fator de minimização dos não atendidos estoque $\gamma_1$					1		$z_1(xc_{1i})$			
Previsão da Compra Ótima (xcompra)										
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8		
Comprar	0	38	0	49	0	10	9	0		
% Atendimento	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%		
Previsão do Valor da Compra por Item										
Valor Planejado	0,00	26.144,00	0,00	3.402,56	0,00	58.982,40	3.409,92	0,00		
Valor Ótimo	0,00	26.144,00	0,00	3.402,56	0,00	58.982,40	3.409,92	0,00		
Movimentos do Estoque	Estoque Atualizado após a compra									
	14	38	178	49	174	12	9	31		
	Lançamento das saídas de materiais do estoque									
	4	25	13	38	16	8	7	8		
Estoque Atualizado após a compra e o Lançamento das Saídas										
Valor Total	10	13	165	11	158	4	2	23		
94.496,18	4.902,40	8.944,00	10.734,90	763,84	29.072,00	23.592,96	757,76	15.728,32		

FIGURA 12: AQUISIÇÃO: PRIMEIRO TRIMESTRE COM O NUMERÁRIO CONFORME O PREVISTO

FONTE: O AUTOR (2012)

Em cada período  $t$  do planejamento o  $COMPRAS_t$  cumpriu exatamente o planejamento. No apêndice D1 são representadas as propostas de aquisição do segundo, terceiro e quarto trimestres.

### 7.4.2 Numerário Atrasado no Primeiro Trimestre

Nesta seção considerou-se que o numerário para o primeiro trimestre foi liberado junto com o do segundo trimestre. A Figura 13 representa esse resultado:

Movimentos do Estoque	Estoque Atualizado no Primeiro Trimestre							
	14	0	178	0	174	2	0	31
	Lançamento das saídas de materiais do estoque							
	4	0	13	0	16	2	0	8
	Estoque Atualizado após a compra e o Lançamento das Saídas							
	10	0	165	0	158	0	0	23
Entrada automática dos Dados da Demanda Atual								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
demanda_atual	0	63	0	68	32	18	12	0
Acréscimo de itens realizado pelo usuário								
dacr_2								
Demanda Atual (soma das linhas anteriores)								
d_2	0	63	0	68	32	18	12	0
Valor atualizado								
v_2	490,24	688,00	65,06	69,44	184,00	5.898,24	378,88	683,84
Novo Valor Planejado (ATUALIZADO)					<div>COMPRAS<sub>2</sub></div> <div></div>			
164.668,80								
Crédito Disponível no Período								
165.000,00								
Valor total da Compra								
164.668,80								
Máximo acréscimo à compra $x_2$ %					100			
Fator de maximização da Compra $\alpha_2$					1			
Fator de minimização do estoque $\beta_2$					1			
Fator de minimização dos não atendidos estoque $\gamma_2$					1		$z_2(xc_2)$	
Previsão da Compra Ótima (xcompra)								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Comprar	0	63	0	68	32	18	12	0
% Atendimento	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Previsão do Valor da Compra por Item								
Valor Planejado	0,00	43.344,00	0,00	4.721,92	5.888,00	106.168,32	4.546,56	0,00
Valor Ótimo	0,00	43.344,00	0,00	4.721,92	5.888,00	106.168,32	4.546,56	0,00
Movimentos do Estoque	Estoque Atualizado após a compra							
	10	63	165	68	190	18	12	23
	Lançamento das saídas de materiais do estoque							
	4	50	32	57	144	14	10	7
	Estoque Atualizado após a compra e o Lançamento das Saídas							
Valor Total	6	13	133	11	46	4	2	16
65.058,42	2.941,44	8.944,00	8.652,98	763,84	8.464,00	23.592,96	757,76	10.941,44

FIGURA 13: AQUISIÇÃO: NUMERÁRIO DO PRIMEIRO E SEGUNDO TRIMESTRES LIBERADO NO SEGUNDO TRIMESTRE  
FONTE: O AUTOR (2012)

No segundo trimestre, o COMPRAS atende à demanda acumulada do primeiro e do segundo trimestre, e cumpre o planejamento conforme o previsto até o

final do ano. As propostas de aquisição do terceiro e quarto trimestres foram idênticas às propostas da seção 7.4.1, mas o resumo anual é diferente. No apêndice D2 é representada a proposta de aquisição do quarto trimestre.

#### 7.4.3 Numerário Atrasado no Primeiro e no Segundo Trimestre

Nessa seção considerou-se que o numerário para o primeiro e para o segundo trimestres foi liberado no terceiro trimestre. O  $COMPRAS_3$  atende à demanda acumulada no período. Os resultados são representados na Figura 14:

Estoque Atualizado no Segundo Trimestre após a Compra e o Lançamento das Saídas									
Valor Total	6	0	133	0	14	0	0	16	
25.111,86	2.941,44	0,00	8.652,98	0,00	2.576,00	0,00	0,00	10.941,44	
Entrada automática dos Dados da Demanda Atual									
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
demanda_atual	0	88	0	70	195	26	13	0	
Novo Valor Planejado (ATUALIZADO)				<div>COMPRAS<sub>3</sub></div>					
259.564,48									
Crédito Disponível no Período									
260.000,00									
Valor total da Compra									
259.564,48									
Máximo acréscimo à compra $x_3$ %									100
Fator de maximização da Compra $\alpha_3$									1
Fator de minimização do estoque $\beta_3$				1					
Fator de minimização dos não atendidos estoque $\gamma_3$				1	z <sub>3</sub> (xc <sub>3i</sub> )				
Previsão da Compra Ótima (xcompra)									
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
Comprar	0	88	0	70	195	26	13	0	
% Atendimento	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Previsão do Valor da Compra por Item									
Valor Planejado	0,00	60.544,00	0,00	4.860,80	35.880,00	153.354,24	4.925,44	0,00	
Valor Ótimo	0,00	60.544,00	0,00	4.860,80	35.880,00	153.354,24	4.925,44	0,00	
Movimentos do Estoque	Estoque Atualizado após a compra								
	6	88	133	70	209	26	13	16	
	Lançamento das saídas de materiais do estoque								
	4	75	19	59	163	22	11	7	
Estoque Atualizado após a compra e o Lançamento das Saídas									
Valor Total	2	13	114	11	46	4	2	9	
57.074,44	980,48	8.944,00	7.416,84	763,84	8.464,00	23.592,96	757,76	6.154,56	

FIGURA 14: AQUISIÇÃO: NUMERÁRIO DO PRIMEIRO, SEGUNDO E TERCEIRO TRIMESTRES LIBERADO NO TERCEIRO TRIMESTRE  
FONTE: O AUTOR (2012)



No quarto trimestre o COMPRAS cumpre o planejamento. O resultado é representado na Figura 15:

Entrada automática dos Dados da Demanda Atual									
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
demanda_atual	4	25	0	19	44	8	0	2	
Acréscimo de itens realizado pelo usuário									
dacr_4									
Demanda Atual (soma das linhas anteriores)									
d_4	4	25	0	19	44	8	0	2	
Valor atualizado									
v_4	490,24	688,00	65,06	69,44	184,00	5898,24	378,88	683,84	
Novo Valor Planejado (ATUALIZADO)					<div>COMPRAS<sub>4</sub></div> <div></div>				
77.984,00									
Crédito Disponível no Período									
78.000,00									
Valor total da Compra									
77.984,00									
Máximo acréscimo à compra $x_4$ %									100
Fator de maximização da Compra $\alpha_4$									1
Fator de minimização do estoque $\beta_4$					1				
Fator de minimização dos não atendidos estoque $\gamma_4$					1	$z_4(xc_{4i})$			
Previsão da Compra Ótima (xcompra)									
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
Comprar	4	25	0	26	46	8	0	2	
% Atendimento	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Previsão do Valor da Compra por Item									
Valor Planejado	1.960,96	17.200,00	0,00	1.805,44	8.464,00	47.185,92	0,00	1.367,68	
Valor Ótimo	1.960,96	17.200,00	0,00	1.805,44	8.464,00	47.185,92	0,00	1.367,68	
Movimentos do Estoque	Estoque Atualizado após a compra								
	6	38	114	37	92	12	2	11	
	Lançamento das saídas de materiais do estoque								
	4	25	4	26	44	8	0	7	
Estoque Atualizado após a compra e o Lançamento das Saídas									
Valor Total	2	13	110	11	48	4	2	4	
53.763,00	980,48	8944	7156,6	763,84	8832	23592,96	757,76	2735,36	
Resumo Anual									
Trim	Prev_cred	Credito	Prev_comp	Pev_c_atua	Compras	Prev_est	Est_finais		
1	92.000,00	0,00	91.938,88	91.938,88	0,00	94.496,18	60.437,62		
2	73.000,00	0,00	72.729,92	164.668,80	0,00	65.058,42	25.111,86		
3	95.000,00	260.000,00	94.895,68	259.564,48	259.564,48	57.074,44	57.074,44		
4	78.000,00	78.000,00	77.984,00	77.984,00	77.984,00	53.763,00	53.763,00		
anual	338.000,00	338.000,00	337.548,48	594.156,16	337.548,48	53.763,00	53.763,00		

FIGURA15: AQUISIÇÃO: QUARTO TRIMESTRE COM O NUMERÁRIO ATRASADO NO PRIMEIRO E NO SEGUNDO TRIMESTRE  
FONTE: O AUTOR (2012)

Destaca-se que com o numerário chegando em períodos distintos, mas com valor total igual ao previsto, o valor final do estoque é igual ao previsto.

#### 7.4.4 Numerário Atrasado com o Crédito Chegando no Quarto Trimestre

O COMPRAS<sub>4</sub> executa exatamente a demanda mínima atual para  $\gamma_4 = 1$ , ainda que:

- $0 < x_4 < 10^5$ ;
- $0 = \alpha_4 < 10^5$ ; e
- $0 = \beta_4 = 45$

Se a decisão for utilizar todo o numerário, é necessário acrescentar itens à demanda atual. Os resultados são representados na Figura 16:

Entrada automática dos Dados da Demanda Atual									
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
demanda_atual	4	113	0	96	241	34	13	2	
Acréscimo de itens realizado pelo usuário									
dacr_1			2	4					
Demanda Atual (soma das linhas anteriores)									
d_1	4	113	2	100	241	34	13	2	
Valor atualizado									
v_1	490,24	688,00	65,06	69,44	184,00	5898,24	378,88	683,84	
Novo Valor Planejado (ATUALIZADO)				<div>COMPRAS<sub>4</sub></div> <div></div>					
337.956,36									
Crédito Disponível no Período									
338.000,00									
Valor total da Compra									
337.956,36									
Máximo acréscimo à compra $x_4$ %									0 a $10^5$
Fator de maximização da Compra $\alpha_4$									0 a $10^5$
Fator de minimização do estoque $\beta_4$				0 a 45					
Fator de minimização dos não atendidos estoque $\gamma_4$				1	Z <sub>4</sub> (xc <sub>4i</sub> )				
Previsão da Compra Ótima (xcompra)									
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
Comprar	4	113	2	100	241	34	13	2	
% Atendimento	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Previsão do Valor da Compra por Item									
Valor Planejado	1.960,96	77.744,00	130,12	6.944,00	44.344,00	200.540,16	4.925,44	1.367,68	
Valor Ótimo	1.960,96	77.744,00	130,12	6.944,00	44.344,00	200.540,16	4.925,44	1.367,68	
Movimentos do Estoque	Estoque Atualizado após a compra								
	6	113	116	100	241	34	13	11	
	Lançamento das saídas de materiais do estoque								
	4	100	4	85	193	30	11	7	
Estoque Atualizado após a compra e o Lançamento das Saídas									
Valor Total	2	13	112	15	48	4	2	4	
54.170,88	980,48	8944	7286,72	1041,6	8832	23592,96	757,76	2735,36	

FIGURA 16: AQUISIÇÃO: NUMERÁRIO ÚNICO NO QUARTO TRIMESTRE  
FONTE: O AUTOR (2012)

#### 7.4.5 Numerário com Períodos e Valores Variados

Nessa seção o COMPRAS é submetido a três cenários em que o numerário é menor do que a demanda atual e um cenário em que o numerário é maior.

##### 7.4.5.1 Segundo Trimestre: Numerário Menor que o Valor da Demanda Acumulada

A Figura 17 representa proposta de aquisição do segundo trimestre, com o numerário correspondendo a 80% da demanda acumulada, bem como a atualização do estoque realizada no final do primeiro trimestre:

Movimentos do Estoque	Estoque Atualizado no Primeiro Trimestre										
	14	0	178	0	174	2	0	31			
	Lançamento das saídas de materiais do estoque										
	4		13		16	2		8			
	Estoque Atualizado após a compra e o Lançamento das Saídas										
Valor Total	10	0	165	0	158	0	0	23			
60.437,62	4.902,40	0,00	10.734,90	0,00	29.072,00	0,00	0,00	15.728,32			
Entrada automática dos Dados da Demanda Atual											
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8			
demanda_atual	0	63	0	68	32	18	12	0			
Acréscimo de itens realizado pelo usuário											
dacr_2											
Demanda Atual (soma das linhas anteriores)											
d_2	0	63	0	68	32	18	12	0			
Novo Valor Planejado (ATUALIZADO)					<div>COMPRAS<sub>2</sub></div> <div></div>						
164.668,80											
Crédito Disponível no Período											
131.735,04											
Valor total da Compra											
129.279,36											
Máximo acréscimo à compra $x_2$ %									0 à 10 <sup>5</sup>		
Fator de maximização da Compra $\alpha_2$									1		
Fator de minimização do estoque $\beta_2$					1						
Fator de minimização dos itens não atendidos $\gamma_2$					1			$z_2(xc_{2i})$			
Previsão da Compra Ótima (xcompra)											
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8			
Comprar	0	63	0	68	32	12	12	0			
% Atendimento	100%	100%	100%	100%	100%	67%	100%	100%			

FIGURA 17: AQUISIÇÃO: SEGUNDO TRIMESTRE, DEMANDA ACUMULADA E NUMERÁRIO MENOR\_1

FONTE: O AUTOR (2012)

Com o numerário de R\$ 131.735,04, ou seja, 80% do valor da demanda acumulada, o COMPRAS<sub>2</sub> propõe o atendimento da demanda mínima acumulada, com exceção do item A6 (ver 7.3.2.2), que é atendido parcialmente em 67%. A proposta de aquisição e o respectivo valor de R\$ 129.279,36 permanecem inalterados ainda que o parâmetro  $x_2 = 10^5$ .

Dessa forma o valor R\$ 2.455,68 não seria utilizado. Nesse caso, se a decisão for atender plenamente ao item A6, pode-se alterar diretamente a proposta de aquisição ou alterar o parâmetro prioridade ( $prio_6$ ), porém outros itens terão a demanda não atendida.

Por outro lado, podem-se acrescentar demandas futuras como forma de não se desperdiçar o numerário, esses acréscimos correspondem aos percentuais acima do estoque de segurança que permanecerá no estoque no período. O resultado da proposta de aquisição nº 2, com o acréscimo de demandas futuras, é representado na Figura 18:

Planejamento da compra (Resultado do PLANEJATRI)								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
3 Trimestre	0	25	0	2	163	8	1	0
4 Trimestre	4	25	0	26	46	8	0	2
Entrada automática dos Dados da Demanda Atual								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
demanda_atual	0	63	0	68	32	18	12	0
Acréscimo de itens realizado pelo usuário								
dacr_2				6	9		1	
Demanda Atual (soma das linhas anteriores)								
d_2	0	63	0	74	41	18	13	0
v_2	490,24	688,00	65,06	69,44	184,00	5.898,24	378,88	683,84
Novo Valor Planejado (ATUALIZADO)				<div>COMPRAS<sub>2</sub></div> <div></div>				
167.120,32								
Crédito Disponível no Período								
131.735,04								
Valor total da Compra								
131.730,88								
Máximo acréscimo à compra $x_2$ %				100				
Fator de maximização da Compra $\alpha_2$				1				
Fator de minimização do estoque $\beta_2$				1				
Fator de minimização dos itens não atendidos $\gamma_2$				1		$z_2(xc_2)$		
Previsão da Compra Ótima (xcompra)								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Comprar	0	63	0	74	41	12	13	0
% Atendimento	100%	100%	100%	109%	128%	67%	108%	100%

FIGURA 18: AQUISIÇÃO: SEGUNDO TRIMESTRE, DEMANDA ACUMULADA E NUMERÁRIO MENOR\_2

FONTE: O AUTOR (2012)

### 7.4.5.2 Terceiro Trimestre: Numerário Menor que o Valor da Demanda Acumulada

No terceiro trimestre o custo da demanda acumulada é R\$ 128.111,36. Com um numerário correspondendo a 50% desse valor, o COMPRAS<sub>3</sub> propõe que a demanda do item A6 seja atendida em 21%. Os demais itens são atendidos em 100% e há um valor não utilizado de R\$ 824,96. A Figura 19 representa essa proposta:

Entrada automática dos Dados da Demanda Atual											
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8			
demanda_atual	0	25	0	0	154	14	0	0			
Acréscimo de itens realizado pelo usuário											
dacr_3											
Demanda Atual (soma das linhas anteriores)											
d_3	0	25	0	0	154	14	0	0			
Valor atualizado											
v_3	490,24	688,00	65,06	69,44	184,00	5.898,24	378,88	683,84			
Novo Valor Planejado (ATUALIZADO)					<div>COMPRAS<sub>3</sub></div> <div></div>						
128.111,36											
Crédito Disponível no Período											
64.055,68											
Valor total da Compra											
63.230,72											
Máximo acréscimo à compra $x_3$ %									100		
Fator de maximização da Compra $\alpha_3$									1		
Fator de minimização do estoque $\beta_3$					1						
Fator de minimização dos itens não atendidos $\gamma_3$					1			$z_3(xc_{3i})$			
Previsão da Compra Ótima (xcompra)											
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8			
Comprar	0	25	0	0	154	3	0	0			
% Atendimento	100%	100%	100%	100%	100%	21%	100%	100%			

FIGURA 19: AQUISIÇÃO TERCEIRO TRIMESTRE: NUMERÁRIO MENOR\_1

FONTE: O AUTOR (2012)

Frente às possibilidades já relatadas, decide-se verificar duas possibilidades de alteração na referida proposta:

- acrescentar demandas futuras para utilizar melhor o numerário; ou
- diferenciar a prioridade dos itens, a fim de que, mesmo que um item tenha um custo elevado e baixa demanda, decida-se por atender a sua demanda, ainda que parcialmente. A estratégia de aumentar a prioridade de um item foi aplicada ao PLANEJATRI na seção 7.3.2.2.

A Figura 20 representa a entrada dos dados da demanda anual, do planejamento de compras proposto pelo PLANEJATRI e a proposta de aquisição com acréscimos de demandas futuras, para aproveitamento do numerário:

Previsão da Demanda (unidades)								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
1 Trimestre	4	25	13	38	16	8	7	8
2 Trimestre	4	25	32	19	144	8	3	7
3 Trimestre	4	25	19	2	163	8	1	7
4 Trimestre	4	25	4	26	44	8	0	7
Planejamento da compra (Resultado do PLANEJATRI)								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
1 Trimestre	0	38	0	49	0	10	9	0
2 Trimestre	0	25	0	19	32	8	3	0
3 Trimestre	0	25	0	2	163	8	1	0
4 Trimestre	4	25	0	26	46	8	0	2
Entrada automática dos Dados da Demanda Atual								
demanda_atual	0	25	0	0	154	14	0	0
Acréscimo de itens realizado pelo usuário								
dacr_3			2	10				
Demanda Atual (soma das linhas anteriores)								
d_3	0	25	2	10	154	14	0	0
Valor atualizado								
v_3	490,24	688,00	65,06	69,44	184,00	5.898,24	378,88	683,84
Novo Valor Planejado (ATUALIZADO)					<div>COMPRAS<sub>3</sub></div> <div></div>			
128.935,88								
Crédito Disponível no Período								
64.055,68								
Valor total da Compra								
64.055,24								
Máximo acréscimo à compra $x_3$ %								
Fator de maximização da Compra $\alpha_3$								
Fator de minimização do estoque $\beta_3$								
Fator de minimização dos itens não atendidos $\gamma_3$								
Previsão da Compra Ótima (xcompra)								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Comprar	0	25	2	10	154	3	0	0
% Atendimento	100%	100%	100%	100%	100%	21%	100%	100%
Movimentos do Estoque	Estoque Atualizado após a compra							
	6	38	135	27	209	3	3	16
	Lançamento das saídas de materiais do estoque							
	4	25	19	2	163	3	1	7
	Estoque Atualizado após a compra e o Lançamento das Saídas							
	2	13	116	25	46	0	2	9

FIGURA 20: AQUISIÇÃO TERCEIRO TRIMESTRE: NUMERÁRIO MENOR\_2

FONTES O AUTOR

Com a antecipação da demanda do item A4 e com o acréscimo do item A3, que possui uma demanda média trimestral de 17 itens, mas com respectiva demanda mínima nula devido ao estoque no ano anterior ter o suficiente para

cumprir a demanda anual, inclusive o estoque de segurança, foi utilizado 99,9993% do numerário.

A Figura 21 representa a proposta de aquisição com prioridade diferenciada para os itens A2 e A6:

Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Prioridade		10 <sup>4</sup>				10 <sup>5</sup>		
Entrada automática dos Dados da Demanda Atual								
demanda_atual	0	25	0	0	154	14	0	0
Acréscimo de itens realizado pelo usuário								
dacr_3								
Demanda Atual (soma das linhas anteriores)								
d_3	0	25	2	10	154	14	0	0
Valor atualizado								
v_3	490,24	688,00	65,06	69,44	184,00	5.898,24	378,88	683,84
Novo Valor Planejado (ATUALIZADO)				<div>COMPRAS<sub>3</sub></div>				
128.935,88								
Crédito Disponível no Período								
64.055,68								
Valor total da Compra								
64.033,92								
Máximo acréscimo à compra $x_3$ %				100				
Fator de maximização da Compra $\alpha_3$				1				
Fator de minimização do estoque $\beta_3$				1				
Fator de minimização dos itens não atendidos $\gamma_3$				1		$z_3(xc_3)$		
Previsão da Compra Ótima (xcompra)								
Comprar	0	25	0	0	62	6	0	0
% Atendimento	100%	100%	100%	100%	40%	43%	100%	100%
Movimentos do Estoque	Estoque Atualizado após a compra							
	6	38	135	27	209	3	3	16
	Lançamento das saídas de materiais do estoque							
	4	25	19	2	163	3	1	7
	Estoque Atualizado após a compra e o Lançamento das Saídas							
	2	13	116	25	46	0	2	9
Estoque de Segurança								
	2	13	9	11	46	4	2	4

FIGURA 21: AQUISIÇÃO TERCEIRO TRIMESTRE: DEMANDA ACUMULADA, NUMERÁRIO MENOR E PRIORIDADE PARA OS ITENS A2 E A6  
FONTE O AUTOR

Destaca-se nessa proposta:

- 99,9667% do numerário foi empregado exclusivamente na demanda atual; e
- O atendimento à demanda foi melhor distribuído em relação às duas propostas anteriores, representadas nas Figuras 19 e 20.

Na seção 7.4.5.3 é discutido o cenário do quarto bimestre com numerário inferior ao custo da demanda acumulada.

### 7.4.5.3 Quarto Trimestre: Numerário Menor que o Valor da Demanda Acumulada

A Figura 22 representa a respectiva proposta de aquisição:

Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Prioridade	10	10				10		
Entrada automática dos Dados da Demanda Atual								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
demanda_atual	4	25	0	12	46	19	0	2
Acréscimo de itens realizado pelo usuário								
dacr_4								
Demanda Atual (soma das linhas anteriores)								
d_4	4	25	0	12	46	19	0	2
Valor atualizado								
v_4	490,24	688,00	65,06	69,44	184,00	5898,24	378,88	683,84
Novo Valor Planejado (ATUALIZADO)				<div>COMPRAS<sub>4</sub></div>				
141.820,16								
Crédito Disponível no Período								
128.111,36								
Valor total da Compra								
128.096,32								
Máximo acréscimo à compra $x_4$ %				100				
Fator de maximização da Compra $\alpha_4$				1				
Fator de minimização do estoque $\beta_4$				1				
Fator de minimização dos itens não atendidos $\gamma_4$				1		z <sub>4</sub> (xc <sub>4i</sub> )		
Previsão da Compra Ótima (xcompra)								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Comprar	3	25	0	21	138	14	0	0
% Atendimento	75%	100%	100%	95%	100%	88%	100%	0%
Movimentos do Estoque	Estoque Atualizado após a compra							
	5	38	114	36	138	17	2	9
	Lançamento das saídas de materiais do estoque							
	4	25	4	26	90	15	0	7
	Estoque Atualizado após a compra e o Lançamento das Saídas							
	1	13	110	10	48	2	2	2
Estoque de Segurança								
	2	13	9	15	46	4	2	4
Trim	Prev_cred	Credito	Prev_comp	Pev_c_atua	Compras	Prev_est	Est_finais	
1	92.000,00	0,00	91.938,88	91.938,88	0,00	94.496,18	60.437,62	
2	73.000,00	131.735,04	72.729,92	167.120,32	131.730,88	65.058,42	43.916,98	
3	95.000,00	64.055,68	94.895,68	128.111,36	63.997,44	57.074,44	42.989,96	
4	78.000,00	128.111,36	77.984,00	141.820,16	128.096,32	53.763,00	40.039,16	
anual	338.000,00	323.902,08	337.548,48	528.990,72	323.824,64	53.763,00	40.039,16	

FIGURA 22: AQUISIÇÃO: QUARTO TRIMESTRE, DEMANDA ACUMULADA E NUMERÁRIO MENOR

FONTE: O AUTOR (2012)

Buscou-se alcançar o valor máximo para a proposta, além de preservar o estoque de segurança. O principal parâmetro utilizado foi o prioridade ( $prio_i$ ).



Na seção 7.4.5.4 é discutido o cenário com numerário superior ao custo da demanda acumulada.

#### 7.4.5.4 Quarto Trimestre: Numerário Maior que o Valor da Demanda Acumulada

A Figura 23 representa o atendimento à demanda mínima anual acumulada.

Entrada automática dos Dados da Demanda Atual								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
demanda_atual	4	25	0	12	46	19	0	2
Acréscimo de itens realizado pelo usuário								
dacr_4								
Demanda Atual (soma das linhas anteriores)								
d_4	4	25	0	12	46	19	0	2
Valor atualizado								
v_4	490,24	688,00	65,06	69,44	184,00	5898,24	378,88	683,84
Novo Valor Planejado (ATUALIZADO)				<div><div>COMPRAS<sub>4</sub></div><div></div></div>				
141.892,48								
Crédito Disponível no Período								
170.270,98								
Valor total da Compra								
141.892,48								
Máximo acréscimo à compra $x_4$ %				0	0 a 861			
Fator de maximização da Compra $\alpha_4$				0 a $10^7$		0 a 6		
Fator de minimização do estoque $\beta_4$				1				
Fator de minimização dos itens não atendidos $\gamma_4$				1		z <sub>4</sub> (xc <sub>4i</sub> )		
Previsão da Compra Ótima (xcompra)								
Comprar	4	25	0	12	46	19	0	2
% Atendimento	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

FIGURA 23: AQUISIÇÃO: QUARTO TRIMESTRE, DEMANDA ACUMULADA E NUMERÁRIO MAIOR\_1

FONTE: O AUTOR (2012)

Essa proposta permaneceu inalterada mesmo com numerário superior ao valor da demanda mínima e com os parâmetros:

- $x_4 = 0$ ,  $0 = \alpha_4 = 10^7$  e  $\beta_4 = \gamma_4 = 1$ ; e
- $0 < x_4 = 861$ ,  $0 < \alpha_4 = 6$  e  $\beta_4 = \gamma_4 = 1$ .

Se a decisão for utilizar todo o crédito, o COMPRAS maximiza a compra, ficando o valor acima da demanda mínima, mas o crédito é melhor utilizado. Os resultados são representados na Figura 24:

Entrada automática dos Dados da Demanda Atual								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
demanda_atual	4	25	0	12	46	19	0	2
Acréscimo de itens realizado pelo usuário								
dacr_4								
Demanda Atual (soma das linhas anteriores)								
d_4	4	25	0	12	46	19	0	2
Valor atualizado								
v_4	490,24	688,00	65,06	69,44	184,00	5898,24	378,88	683,84
Novo Valor Planejado (ATUALIZADO)				<div><div>COMPRAS<sub>4</sub></div><div></div></div>				
141.892,48								
Crédito Disponível no Período								
170.270,98								
Valor total da Compra								
170.249,60								
Máximo acréscimo à compra $x_4$ %				1000				
Fator de maximização da Compra $\alpha_4$				1				
Fator de minimização do estoque $\beta_4$				1				
Fator de minimização dos não atendidos estoque $\gamma_4$				1		z <sub>4</sub> (xc <sub>4i</sub> )		
Previsão da Compra Ótima (xcompra)								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Comprar	4	25	0	60	182	19	0	2
% Atendimento	100%	100%	100%	500%	396%	100%	100%	100%
Movimentos do Estoque	Estoque Atualizado após a compra							
	6	38	116	85	228	19	2	11
	Lançamento das saídas de materiais do estoque							
	4	25	4	26	44	15	0	7
	Estoque Atualizado após a compra e o Lançamento das Saídas							
	2	13	112	59	184	4	2	4
Resumo Anual								
Trim	Prev_cred	Credito	Prev_comp	Pev_c_atua	Compras	Prev_est	Est_finais	
1	92.000,00	0,00	91.938,88	91.938,88	0,00	94.496,18	60.437,62	
2	73.000,00	131.735,04	72.729,92	167.120,32	131.730,88	65.058,42	43.916,98	
3	95.000,00	64.055,68	94.895,68	128.935,88	64.055,24	57.074,44	34.583,76	
4	78.000,00	170.270,98	77.984,00	141.892,48	170.249,60	53.763,00	82.250,24	
anual	338.000,00	366.061,70	337.548,48	529.887,56	366.035,72	53.763,00	82.250,24	

FIGURA 24: AQUISIÇÃO: QUARTO TRIMESTRE, DEMANDA ACUMULADA E NUMERÁRIO MAIOR\_2

FONTE: O AUTOR (2012)

Na seção 7.4.5.5 é discutido o valor mínimo da proposta de compra do quarto trimestre com numerário superior ao valor da demanda acumulada.

#### 7.4.5.5 Quarto Trimestre: Numerário Maior que o Valor da Demanda Acumulada e Valor Mínimo da Proposta de Aquisição

A Figura 25 representa a proposta de aquisição com valor mínimo.

Entrada automática dos Dados da Demanda Atual								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
demanda_atual	4	25	0	12	46	19	0	4
Valor atualizado								
v_4	490,24	688,00	65,06	69,44	184,00	5.898,24	378,88	683,84
Novo Valor Planejado (ATUALIZADO)				<div>COMPRAS<sub>4</sub></div> <div></div>				
141.892,48								
Crédito Disponível no Período								
170.270,98								
Valor total da Compra								
88.473,60								
Máximo acréscimo à compra $x_4$ %				0 à 10 <sup>4</sup>				
Fator de maximização da Compra $\alpha_4$				0	1			
Fator de minimização do estoque $\beta_4$				1 a 10 <sup>9</sup>	A partir de 3500			
Fator de minimização de itens não atendidos $\gamma_4$				0	1	z <sub>4</sub> (xc <sub>4i</sub> )		
Previsão da Compra Ótima (xcompra)								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Comprar	0	0	0	0	0	15	0	0
% Atendimento	0%	0%	100%	0%	0%	79%	100%	0%
Previsão do Valor da Compra por Item								
Valor Planejado	1.960,96	17.200,00	0,00	833,28	8.464,00	112.066,56	0,00	1.367,68
Valor Ótimo	980,48	8.256,00	0,00	0,00	0,00	106.168,32	0,00	0,00
Movimentos do Estoque	Estoque Relativo							
	0	1	125	24	46	0	4	11
	Estoque Atualizado após a compra							
	2	13	4	25	44	15	0	7
	Lançamento das saídas de materiais do estoque							
	2	13	4	25	44	15	0	7
Movimentos do Estoque	Estoque Atualizado após a compra e o Lançamento das Saídas							
	0	0	112	0	2	0	2	2
Estoque de Segurança								
	2	13	9	11	46	4	2	4
Resumo Anual								
Trim	Prev_cred	Credito	Prev_comp	Pev_c_atua	Compras	Prev_est	Est_finais	
1	92.000,00	0,00	91.938,88	91.938,88	0,00	94.496,18	60.437,62	
2	73.000,00	131.735,04	72.729,92	167.120,32	131.730,88	65.058,42	43.916,98	
3	95.000,00	64.055,68	94.895,68	128.935,88	64.055,24	57.074,44	34.583,76	
4	78.000,00	170.270,98	77.984,00	141.892,48	88.473,60	53.763,00	9.780,16	
anual	338.000,00	366.061,70	337.548,48	529.887,56	284.259,72	53.763,00	9.780,16	

FIGURA 25: AQUISIÇÃO: QUARTO TRIMESTRE, NUMERÁRIO MAIOR E COMPRA MÍNIMA  
FONTE: O AUTOR (2012)

O valor mínimo para a proposta de aquisição foi alcançado para  $0 < x_4 < 10^5$  e:

- $\alpha_4 = \gamma_4 = 0$  e  $\beta_4 = 1$ ; ou
- $\alpha_4 = \gamma_4 = 1$  e  $\beta_4 = 3500$ .

Os valores da proposta de aquisição mantiveram-se não decrescentes para:

- $0 < x_4 < 10^5$ ,  $\alpha_4 = \gamma_4 = 1$  e  $0 = \beta_4 < 3500$ .

Ressalta-se que o COMPRAS<sub>4</sub> propõe a redução do estoque relativo. Assim, a proposta de compra prevê a aquisição de 15 itens A6, que permanecerão com estoque relativo nulo, devido à respectiva previsão de demanda. Dessa forma, o COMPRAS<sub>4</sub> propõe uma compra cujo custo é R\$ 88.473,60, que corresponde a 62% do custo da demanda acumulada (R\$ 141.892,48) e 52% do numerário (R\$ 170.270,98). Porém, o custo do estoque relativo não é aumentado.

## 7.5 ANÁLISES E COMPARAÇÕES

Nas seções 7.3.2.1 e 7.3.2.2 onde se é discutido o planejamento de compras, o PLANEJATRI:

- i. executa a demanda mínima, se o crédito for compatível;
- ii. maximiza a previsão de compra com itens de menor custo relativo e maior demanda, se o crédito for superior ao custo de referência;
- iii. prioriza os itens de menor custo e maior demanda quando a previsão de crédito é menor do que o custo de referência;
- iv. quando a previsão de crédito é menor do que custo de referência e se faz necessário priorizar itens de alto custo relativo e demanda relativa menor, a manipulação dos parâmetros  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $prio_i$  (prioridade) mostrou-se eficiente; e
- v. atualiza demandas não atendidas em períodos anteriores mas não antecipa automaticamente demandas futuras.

Nos cenários propostos para utilização do COMPRAS<sub>i</sub>:

- vi. nas seções 7.4.1, 7.4.2, 7.4.3 e 7.4.4 onde o numerário varia apenas em seus períodos de liberação e a decisão era de cumprir o planejamento, o programa atendeu às demandas acumuladas e foi possível decidir entre cumprir a demanda mínima ou maximizar a compra no último período;

- vii. nas seções 7.4.5.1, 7.4.5.2 e 7.4.5.3 onde o numerário é menor que a demanda acumulada, o programa  $COMPRAS_t$  priorizou a aquisição de itens que possuem maior demanda e menor custo. Observou-se que essa persecução provocou a construção de propostas onde o valor final é menor que o numerário disponível, ainda que este seja menor do que o custo da demanda. Dentro das estratégias possíveis, verificou-se que a variação do parâmetro prioridade ( $prio_t$ ) mostrou-se eficiente em harmonizar o atendimento, principalmente para os itens de custo relativo grande e de baixo giro no estoque (Figura 22);
- viii. na seção 7.4.5.4 onde o numerário é maior que a demanda acumulada, o programa  $COMPRAS_t$  executou a demanda mínima, para as faixas de valores apresentadas naquela seção e foi possível decidir pela maximização da proposta de compras, onde acrescentou-se itens que possuem maior demanda e menor custo; e
- ix. na seção 7.4.5.5 onde o numerário é maior que o custo da demanda acumulada e procura-se o menor valor para a proposta de aquisição, o programa  $COMPRAS_t$  propôs uma compra que não aumentou o custo do estoque relativo.

A tabela 5 representa um sumário das simulações dos custos empregados em estoque nos cenários propostos nas seções 7.4.1, 7.4.2, 7.4.3, 7.4.4, 7.4.5.3, 7.4.5.4 e 7.4.5.5:

Cenários	Custos					
	Crédito anual (R\$)	Estoque				
		Ano anterior (R\$)	Valor Numérico (R\$)		Percentual em Relação ao Ano Anterior	
			Final do Ano	Média trimestral	Final do Ano	Média mensal
7.4.1	340.000,00	83.455,56	55.323,96	70.998,97	66,29%	85,07%
7.4.2			55.671,16	60.570,89	66,71%	72,58%
7.4.3			56.132,92	50.292,97	67,26%	60,26%
7.4.4			56.039,48	39.035,21	67,15%	46,77%
7.4.5.3	323.902,08		40.039,16	46.845,93	47,98%	56,13%
7.4.5.4	366.061,70		82.250,24	55.297,15	98,56%	66,26%
7.4.5.5	366.061,70		9.780,16	37.179,63	11,72%	44,55%

TABELA 5: SUMÁRIO DOS CENÁRIOS PROPOSTOS

FONTE: O AUTOR (2012)

Observa-se que em todos os cenários propostos o custo total do estoque é minimizado.

## 8. CONCLUSÕES FINAIS

Após testes considerando vários tipos de cenários, tais como recebimento de crédito sem atraso, crédito atrasado, valor disponível abaixo do previsto e acima do previsto e mudanças de prioridades, verificou-se que o sistema mostrou-se amigável e flexível em função de vários parâmetros que podem ser controlados pelo planejador e executor das compras.

Vale a pena frisar que os modelos apresentados são úteis em dois momentos:

- i. no planejamento anual, onde a planilha P\_C auxilia na previsão de custos e o PLANEJATRI propõe a previsão de compras em função do crédito previsto; e
- ii. no momento que o numerário é disponibilizado e não é exatamente o que foi previsto, o COMPRAS propõe a compra ótima.

Considera-se que o objetivo geral deste trabalho foi alcançado, pois a ferramenta desenvolvida cumpre os papéis que lhe foram atribuídas de apoio à decisão (ver capítulo 1).

Em relação aos demais objetivos específicos, procurou-se atender a todos, porém, salienta-se que os modelos apresentados devem ser melhorados a partir de situações que vão aparecendo durante seu uso.

Observou-se que o *software* SIMATEX, cuja função principal é exercer o controle dos materiais pertencentes às organizações militares do Exército, pode ter o seu rol de ferramentas administrativas enriquecido com uma ferramenta geradora de séries temporais dos movimentos dos itens em estoque e também com uma ferramenta de classificação ABC, o que pode vir a facilitar futuramente qualquer sistema de controle e reposição de estoque que se deseje implantar.

Como sugestão de trabalho futuro propõe-se o estudo da demanda dos itens do estoque de um batalhão logístico para fins de previsão de demanda.

## REFERÊNCIAS

- AKAIKE, H. **A new look at the statistical model identification**. IEEE Transactions on Automatic Control, Boston, V. AC-19, p. 716-723, Dez.1974.
- AKSOY, Y.; ERENGUC, S. S. **Multi-Item Inventory Models with Co-ordinated Replenishments: a survey**. International Journal of Operations & Production Management, v. 8, n. 1, p. 63-74, New York. 1988. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/journals.htm/articleid=1704770>>. Acesso em 17 de julho de 2012.
- BALLOU, R. H. **Expressing inventory control policy in the turnover curve**. Journal of Business Logistics, v. 26, n. 2, p. 143-164, New York. 2005.
- BOTTER, R.; FORTUIN, L. **Stocking strategy for service parts: a case study**. International Journal of Operations & Production Management , 20 (6), pp. 656-674, New York. 1998. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/journals.htm/articleid=849261>>. Acesso em 05 de fevereiro de 2012.
- BRASIL. **Manual de Campanha C 100-10: Logística Militar Terrestre**. Ministério da Defesa – Exército Brasileiro Estado-Maior do Exército, 2ª Edição. 2003.
- FIGUEIREDO, C. J. **Previsão de séries temporais utilizando a metodologia Box & Jenkins e redes neurais para inicialização de planejamento e controle de produção**. 176 f. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos para Engenharia) – Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná. p. 27-52, Curitiba. 2008.
- KERBER FILHO, E. **Metodologia para implementação de um sistema de gestão de estoques**: estudo do caso do almoxarifado da Base Aérea de Canoas. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p. 32-35, Porto Alegre. 2004. Disponível em: < <http://www.producao.ufrgs.br/publicacoes> >. Acesso em 30/10/2011.
- LACHTERMACHER, Gerson. **Pesquisa Operacional na tomada de decisões – Modelagem em Excel**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2007, 3ª Edição.
- LEVY, M.; WEITZ, B. A. **Administração de varejo**. São Paulo: Atlas, 2000.
- LIRA, S. A. **Análise de Correlação**: abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicações. 195 f. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos para Engenharia) – Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná. p. 30-70, Curitiba. 2004.
- MANCUSO, F. **Análise e previsão de demanda**: estudo de caso de uma empresa de rolamentos. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p. 21-33, Porto Alegre.

2003. Disponível em: < <http://www.producao.ufrgs.br/publicacoes> >. Acesso em 30/08/2011.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Egard Blucher. 2006.

PIASECKI, D. **Optimizing Economic Order Quantity (EOQ)**. IIE Solutions. 2001. Disponível em: <[http://www.inventoryops.com/economic\\_order\\_quantity.htm](http://www.inventoryops.com/economic_order_quantity.htm)>. Acesso em 05 de março de 2012.

PRASINOS, P. **Um retrato do estágio da utilização das técnicas de gestão de estoque no mercado distribuidor / atacadista de produtos de consumo no Brasil: caso Martins comércio e serviços de distribuição SA**. 202 f. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) – Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas. p. 39-74, São Paulo. 2006. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/5495> >. Acesso em 23/06/2011.

RIBEIRO, L. C., PAULA, A. V. de. **Previsão de População Através dos Modelos Arima de Box e Jenkins: Um Exercício para Brasil**. In: XII Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 2000, Belo Horizonte. Anais .... Campinas: ABEP, 2000. Disponível em <[http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/anais/pdf/2000/todos/projt9\\_3.pdf](http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/anais/pdf/2000/todos/projt9_3.pdf) >. Acesso em 25/03/2012.

SANDVIG, J. C. **Calculating safety stock**. IIE Solutions, v. 30, n. 12, p. 28, Dec. 1998.

SILVA, G. L. C. da. **Modelo de estoque para peças de reposição sujeitas à demanda intermitente e lead time estocástico**. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. p. 5-14, Belo horizonte. 2009. Disponível em: < <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/1843/AMCN-8AGFA3/1> >. Acesso em 30/11/2011.

SKJOETT-LARSEN, T. **European logistics beyond 2000**. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, v. 30, n. 5, p. 377, New York. 2000.

SOBRAPO, **Pesquisa Operacional**. Disponível em: <[http://www.sobrapo.org.br/o\\_que\\_e\\_po.php](http://www.sobrapo.org.br/o_que_e_po.php)> acesso em 28/10/12.

ZIZKA, M. **The analytic approach vs. the simulation approach to determining safety stock**. Problems & Perspectives in Management, n. 3, p. 119-127, Dzerzhynsky. 2005.



## APÊNDICES

### APÊNDICE A – GRÁFICOS COMPARATIVOS ENTRE ENTRADAS, SAÍDAS E OS NÍVEIS DE ESTOQUE DOS ITENS SELECIONADOS

#### A1. GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE AS ENTRADAS, SAÍDAS E OS NÍVEIS DE ESTOQUE DO ITEM A1

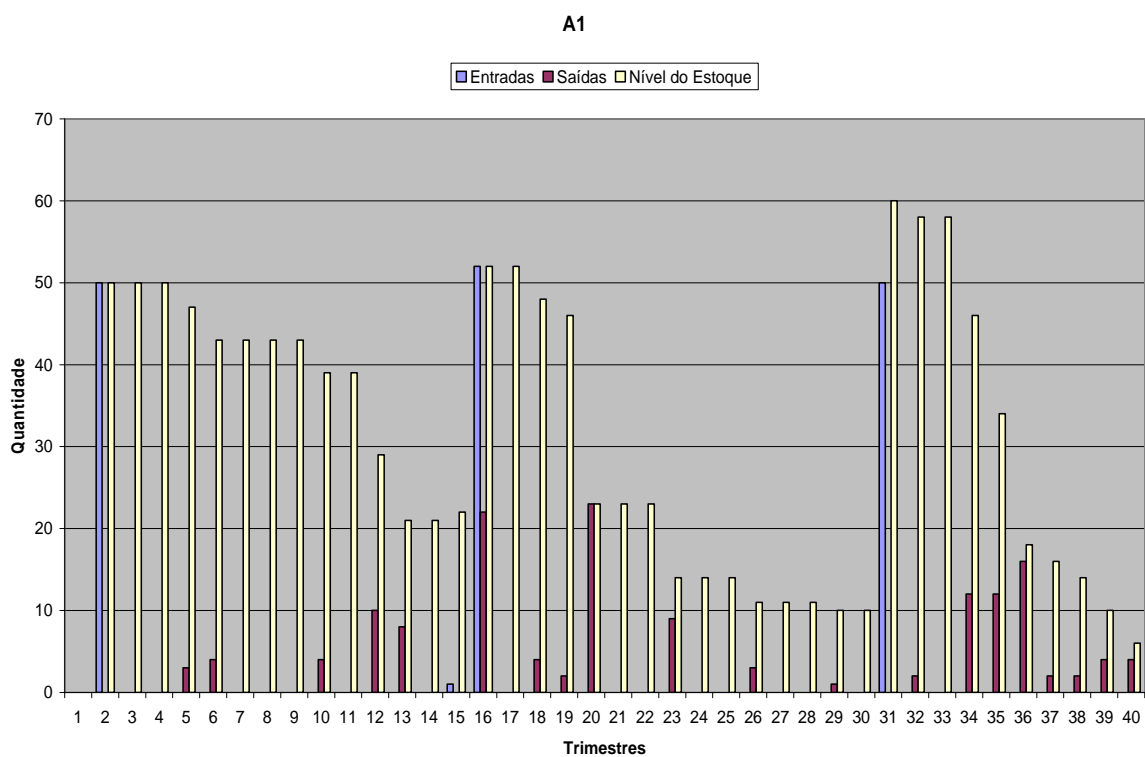


FIGURA 26: GRÁFICO COMPARATIVO DAS SÉRIES TEMPORAIS TRIMESTRAIS DAS ENTRADAS, SAÍDAS E NÍVEL DE ESTOQUE DO ITEM A1  
 FONTE: O AUTOR (2012)

## A2. GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE AS ENTRADAS, SAÍDAS E OS NÍVEIS DE ESTOQUE DO ITEM A2

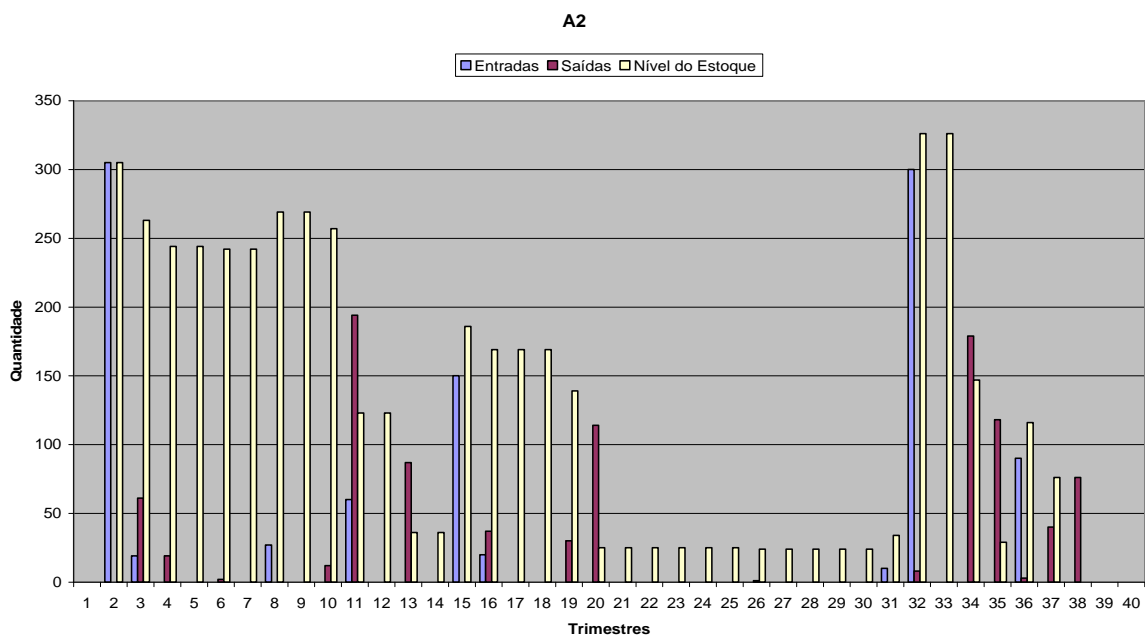


FIGURA 27: GRÁFICO COMPARATIVO DAS SÉRIES TEMPORAIS TRIMESTRAIS DAS ENTRADAS, SAÍDAS E NÍVEL DE ESTOQUE DO ITEM A2

FONTE: O AUTOR (2012)

### A3. GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE AS ENTRADAS, SAÍDAS E OS NÍVEIS DE ESTOQUE DO ITEM A3

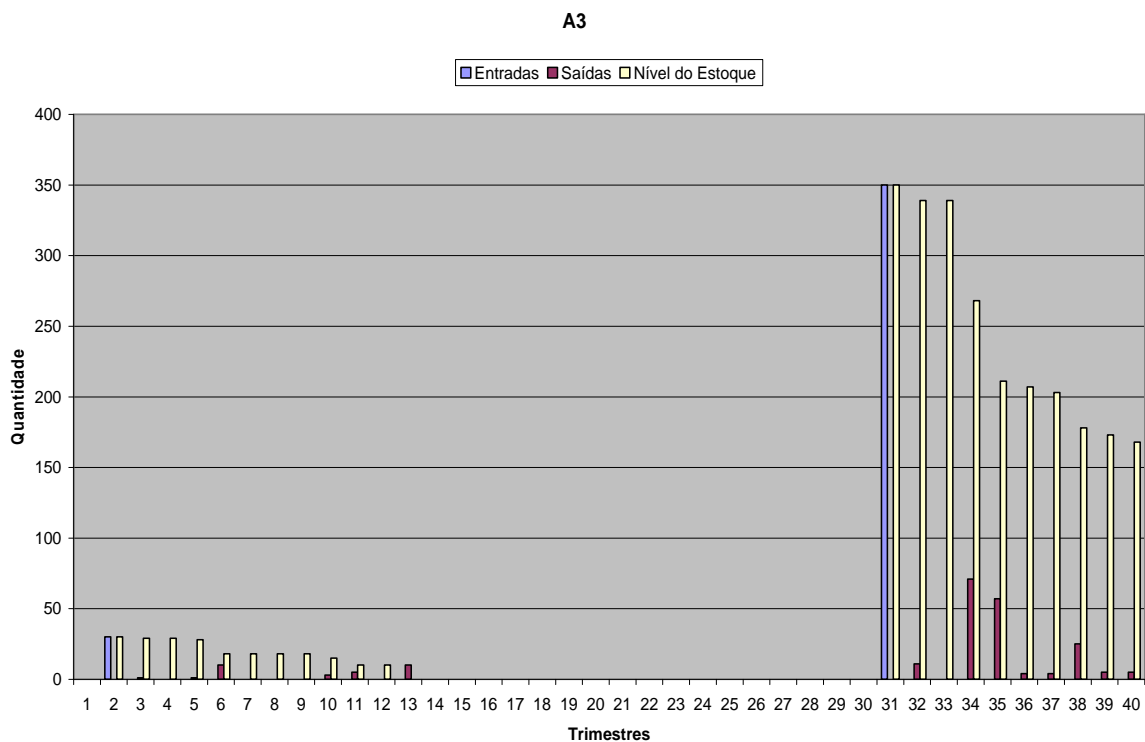


FIGURA 28: GRÁFICO COMPARATIVO DAS SÉRIES TEMPORAIS TRIMESTRAIS DAS ENTRADAS, SAÍDAS E NÍVEL DE ESTOQUE DO ITEM A3  
FONTE: O AUTOR (2012)

#### A4. GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE AS ENTRADAS, SAÍDAS E OS NÍVEIS DE ESTOQUE DO ITEM A4

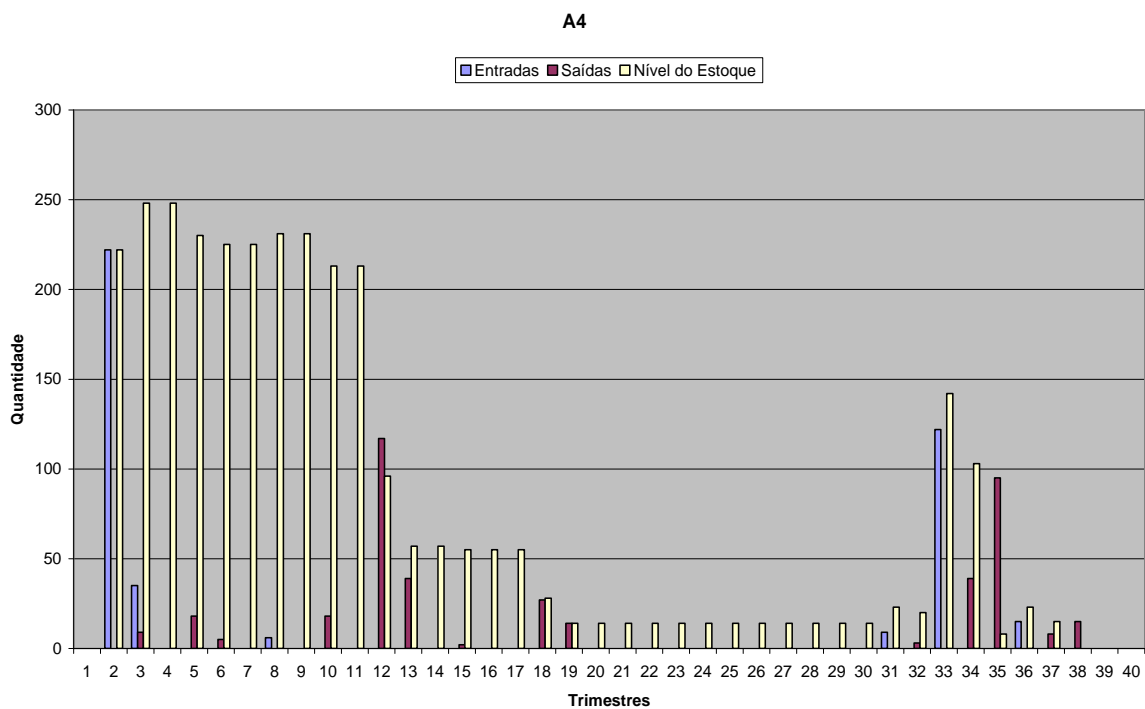


FIGURA 29: GRÁFICO COMPARATIVO DAS SÉRIES TEMPORAIS TRIMESTRAIS DAS ENTRADAS, SAÍDAS E NÍVEL DE ESTOQUE DO ITEM A4  
FONTE: O AUTOR (2012)

## A5. GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE AS ENTRADAS, SAÍDAS E OS NÍVEIS DE ESTOQUE DO ITEM A5

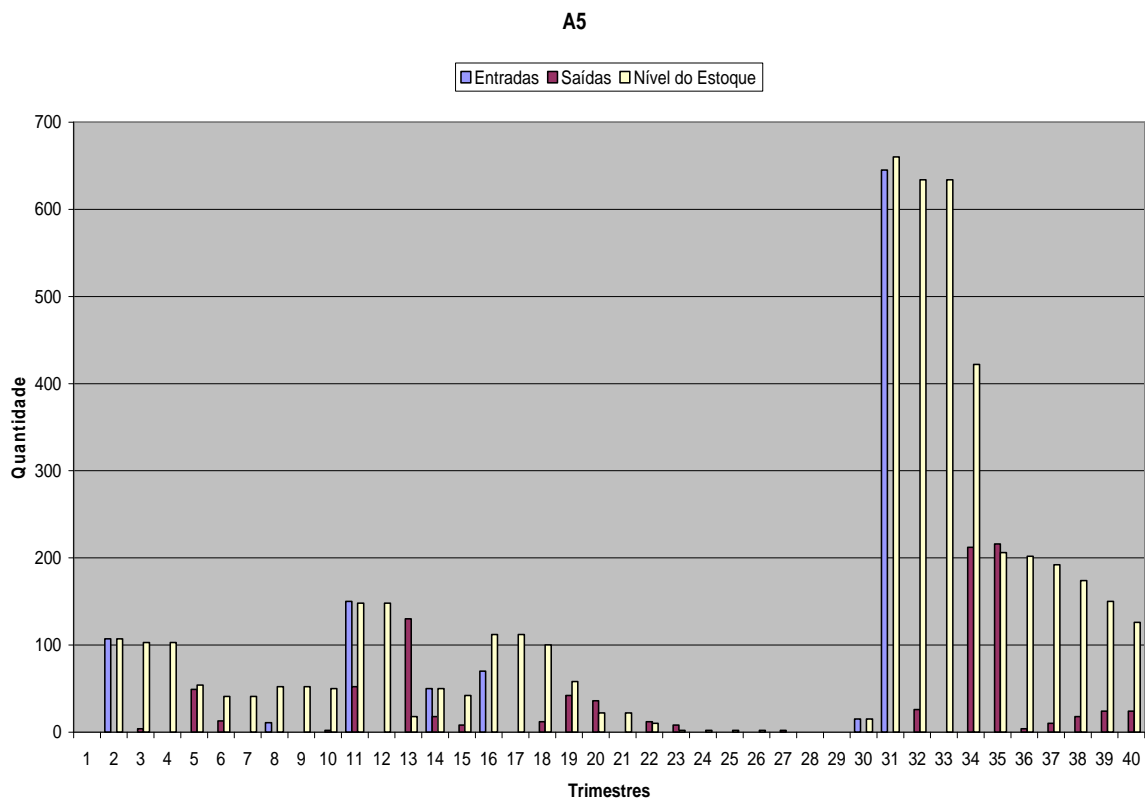


FIGURA 30: GRÁFICO COMPARATIVO DAS SÉRIES TEMPORAIS TRIMESTRAIS DAS ENTRADAS, SAÍDAS E NÍVEL DE ESTOQUE DO ITEM A5  
 FONTE: O AUTOR (2012)

## A6. GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE AS ENTRADAS, SAÍDAS E OS NÍVEIS DE ESTOQUE DO ITEM A7

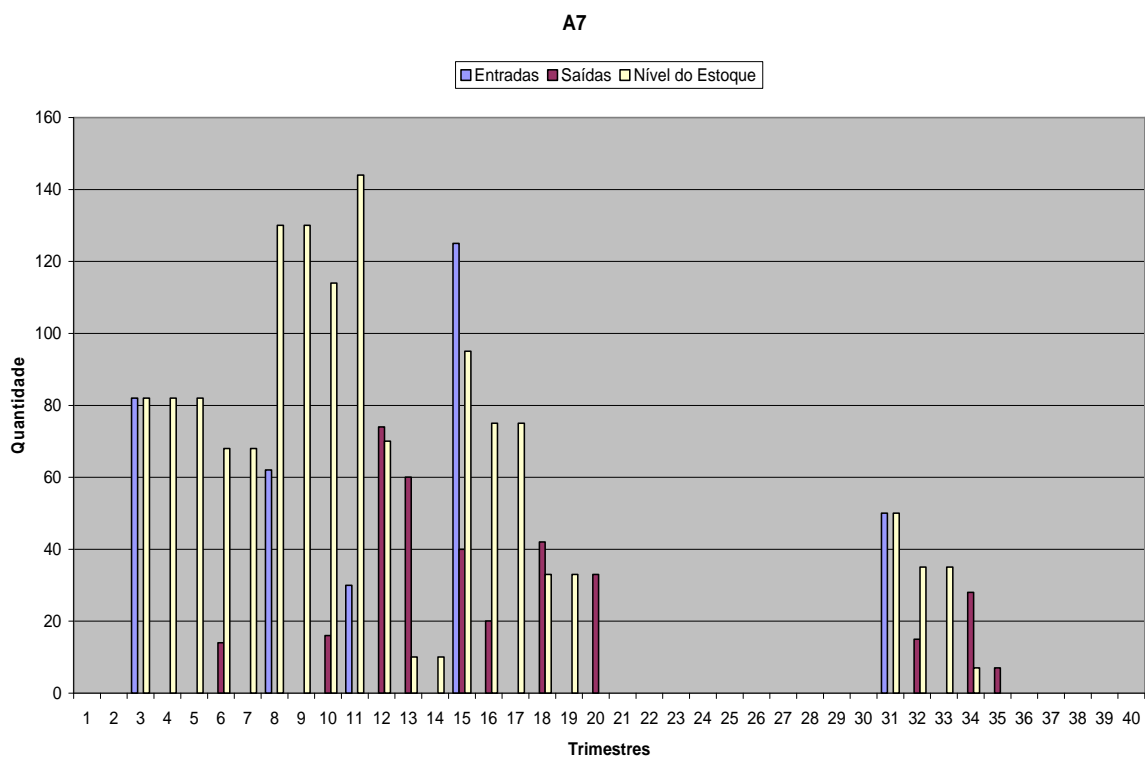


FIGURA 31: GRÁFICO COMPARATIVO DAS SÉRIES TEMPORAIS TRIMESTRAIS DAS ENTRADAS, SAÍDAS E NÍVEL DE ESTOQUE DO ITEM A7  
 FONTE: O AUTOR (2012)

# A7. GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE AS ENTRADAS, SAÍDAS E OS NÍVEIS DE ESTOQUE DO ITEM A8

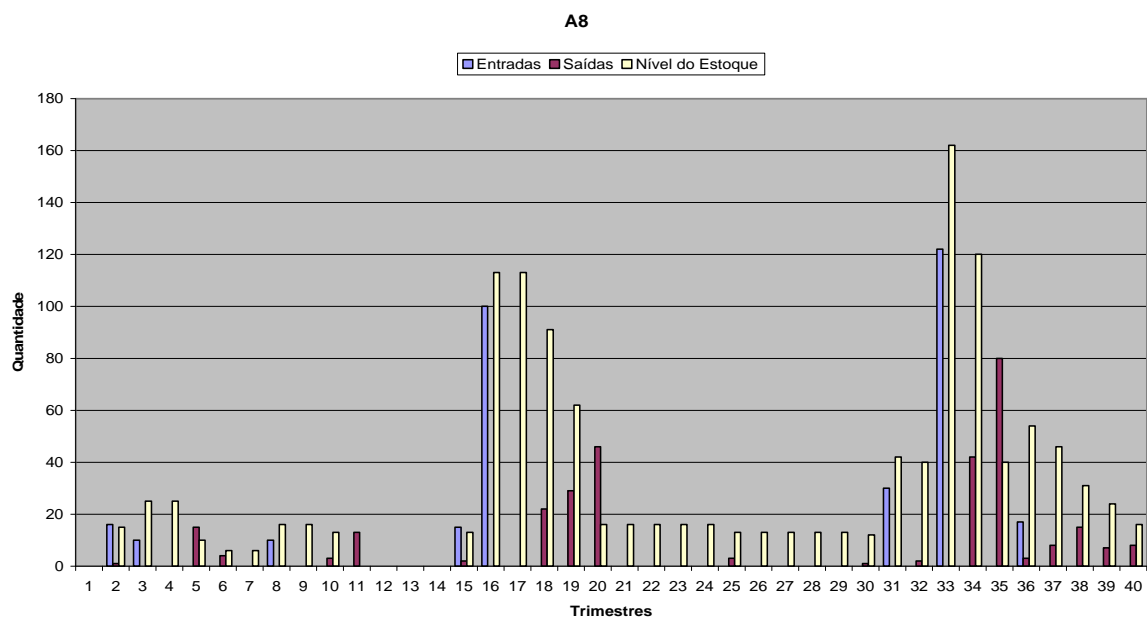


FIGURA 32: GRÁFICO COMPARATIVO DAS SÉRIES TEMPORAIS TRIMESTRAIS DAS ENTRADAS, SAÍDAS E NÍVEL DE ESTOQUE DO ITEM A8  
FONTE: O AUTOR (2012)

## APÊNDICE B – PREVISÃO DA DEMANDA DOS ITENS SELECIONADOS UTILIZANDO O AUTOMATIC FORECASTING DO STATGRAPHICS

### B.1 PREVISÃO DO ITEM A8: MODELO ARIMA(0,0,1) COM CONSTANTE

Trimestres	Saídas	Trimestres	Saídas	Trimestres	Saídas	Trimestres	Saídas
1º 2002	0	3º 2004	13	1º 2007	0	3º 2009	0
2º 2002	1	4º 2004	0	2º 2007	0	4º 2009	2
3º 2002	0	1º 2005	0	3º 2007	0	1º 2010	0
4º 2002	0	2º 2005	0	4º 2007	0	2º 2010	42
1º 2003	15	3º 2005	2	1º 2008	3	3º 2010	80
2º 2003	4	4º 2005	0	2º 2008	0	4º 2010	3
3º 2003	0	1º 2006	0	3º 2008	0	1º 2011	8
4º 2003	0	2º 2006	22	4º 2008	0	2º 2011	15
1º 2004	0	3º 2006	29	1º 2009	0	3º 2011	0
2º 2004	3	4º 2006	46	2º 2009	1	4º 2011	0

TABELA 6: SÉRIE TEMPORAL TRIMESTRAL DAS DEMANDAS DO ITEM A8  
FONTE: O AUTOR (2012)

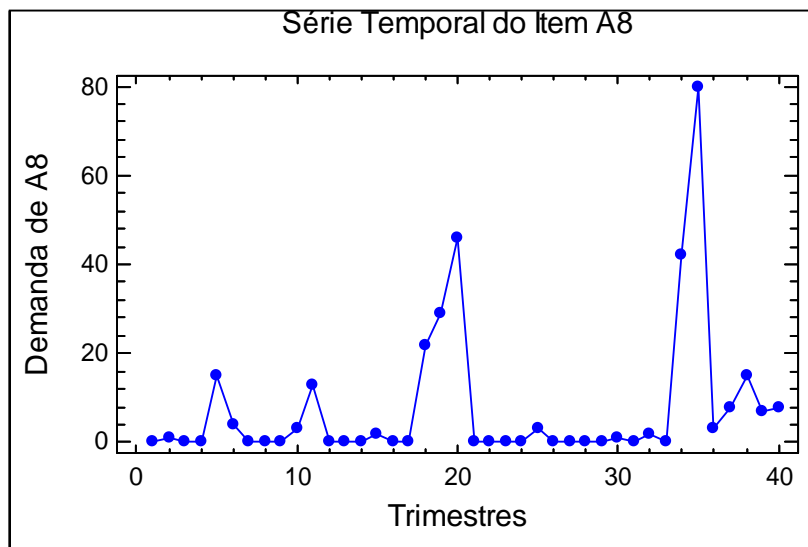


FIGURA 33: GRÁFICO DA SÉRIE TEMPORAL DA DEMANDA TRIMESTRAL DO ITEM A8  
FONTE: O AUTOR (2012)

Trimestre	Previsão de demanda	Demanda considera
1º	7,40307	8
2º	6,90273	7
3º	6,90273	7
4º	6,90273	7

TABELA 7: PREVISÃO DA DEMANDA DO ITEM A8  
FONTE: O AUTOR (2012)



## B.2 PREVISÃO DO ITEM A2: MODELO MÉDIA CONSTANTE

Trimestres	Saídas	Trimestres	Saídas	Trimestres	Saídas	Trimestres	Saídas
1º 2002	0	3º 2004	194	1º 2007	0	3º 2009	0
2º 2002	0	4º 2004	0	2º 2007	0	4º 2009	8
3º 2002	61	1º 2005	87	3º 2007	0	1º 2010	0
4º 2002	19	2º 2005	0	4º 2007	0	2º 2010	179
1º 2003	0	3º 2005	0	1º 2008	0	3º 2010	118
2º 2003	2	4º 2005	37	2º 2008	1	4º 2010	3
3º 2003	0	1º 2006	0	3º 2008	0	1º 2011	40
4º 2003	0	2º 2006	0	4º 2008	0	2º 2011	76
1º 2004	0	3º 2006	30	1º 2009	0	3º 2011	0
2º 2004	12	4º 2006	114	2º 2009	0	4º 2011	0

TABELA 8: SÉRIE TEMPORAL TRIMESTRAL DAS DEMANDAS DO ITEM A2  
 FONTE: O AUTOR (2012)

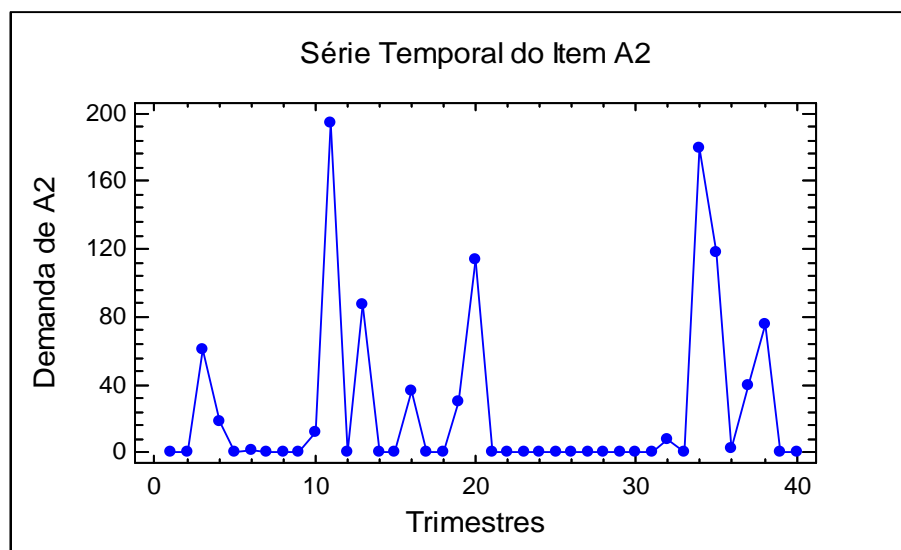


FIGURA 34: GRÁFICO DA SÉRIE TEMPORAL DA DEMANDA TRIMESTRAL DO ITEM A2  
 FONTE: O AUTOR (2012)

Trimestre	Previsão de demanda	Demanda considera
1º	24,525	25
2º	24,525	25
3º	24,525	25
4º	24,525	25

TABELA 9: PREVISÃO DA DEMANDA DO ITEM A2  
 FONTE: O AUTOR (2012)

### B.3 PREVISÃO DO ITEM A3: MODELO ALISAMENTO EXPONENCIAL SIMPLES COM $\alpha = 0,2505$

Trimestres	Saídas	Trimestres	Saídas	Trimestres	Saídas	Trimestres	Saídas
1º 2002	0	3º 2004	5	1º 2007	0	3º 2009	0
2º 2002	0	4º 2004	0	2º 2007	0	4º 2009	11
3º 2002	1	1º 2005	10	3º 2007	0	1º 2010	0
4º 2002	0	2º 2005	0	4º 2007	0	2º 2010	71
1º 2003	1	3º 2005	0	1º 2008	0	3º 2010	57
2º 2003	10	4º 2005	0	2º 2008	0	4º 2010	4
3º 2003	0	1º 2006	0	3º 2008	0	1º 2011	4
4º 2003	0	2º 2006	0	4º 2008	0	2º 2011	25
1º 2004	0	3º 2006	0	1º 2009	0	3º 2011	5
2º 2004	3	4º 2006	0	2º 2009	0	4º 2011	5

TABELA 10: SÉRIE TEMPORAL TRIMESTRAL DAS DEMANDAS DO ITEM A3  
FONTE: O AUTOR (2012)

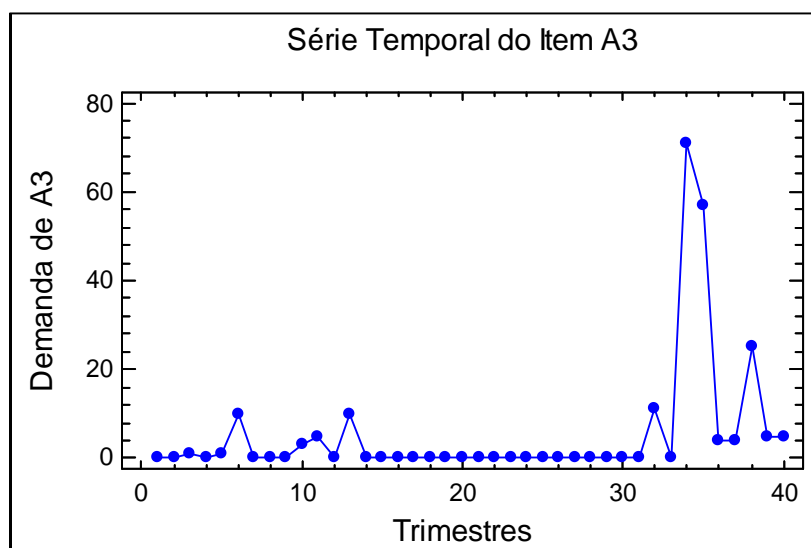


FIGURA 35: GRÁFICO DA SÉRIE TEMPORAL DA DEMANDA TRIMESTRAL DO ITEM A3  
FONTE: O AUTOR (2012)

Trimestre	Previsão de demanda	Demanda considera
1º	12,2112	13
2º	31,6056	32
3º	18,9917	19
4º	3,49772	4

TABELA 11: PREVISÃO DA DEMANDA DO ITEM A3  
FONTE: O AUTOR (2012)

#### B.4 PREVISÃO DO ITEM A4: MODELO SARIMA(1,0,2)x(2,0,2)4 COM CONSTANTE

Trimestres	Saídas	Trimestres	Saídas	Trimestres	Saídas	Trimestres	Saídas
1º 2002	0	3º 2004	0	1º 2007	0	3º 2009	0
2º 2002	0	4º 2004	117	2º 2007	0	4º 2009	3
3º 2002	9	1º 2005	39	3º 2007	0	1º 2010	0
4º 2002	0	2º 2005	0	4º 2007	0	2º 2010	39
1º 2003	18	3º 2005	2	1º 2008	0	3º 2010	95
2º 2003	5	4º 2005	0	2º 2008	0	4º 2010	0
3º 2003	0	1º 2006	0	3º 2008	0	1º 2011	8
4º 2003	0	2º 2006	27	4º 2008	0	2º 2011	15
1º 2004	0	3º 2006	14	1º 2009	0	3º 2011	0
2º 2004	18	4º 2006	0	2º 2009	0	4º 2011	0

TABELA 12: SÉRIE TEMPORAL TRIMESTRAL DA DEMANDA DO ITEM A4  
FONTE: O AUTOR (2012)

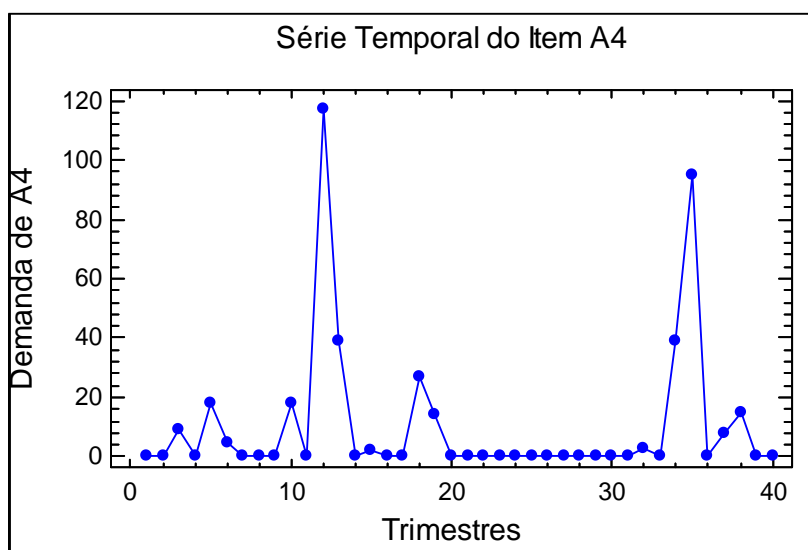


FIGURA 36: GRÁFICO DA SÉRIE TEMPORAL DA DEMANDA TRIMESTRAL DO ITEM A4  
FONTE: O AUTOR (2012)

Trimestre	Previsão de demanda	Demanda considera
1º	37,9875	38
2º	18,3698	19
3º	1,41771	2
4º	25,4818	26

TABELA 13: PREVISÃO DA DEMANDA DO ITEM A4  
FONTE: O AUTOR (2012)

## B.5 PREVISÃO DO ITEM A5: MODELO SARIMA(0,1,2)x(2,0,2)4 COM CONSTANTE

Trimestres	Saídas	Trimestres	Saídas	Trimestres	Saídas	Trimestres	Saídas
1º 2002	0	3º 2004	52	1º 2007	0	3º 2009	0
2º 2002	0	4º 2004	0	2º 2007	12	4º 2009	26
3º 2002	4	1º 2005	130	3º 2007	8	1º 2010	0
4º 2002	0	2º 2005	18	4º 2007	0	2º 2010	212
1º 2003	49	3º 2005	8	1º 2008	0	3º 2010	216
2º 2003	13	4º 2005	0	2º 2008	0	4º 2010	4
3º 2003	0	1º 2006	0	3º 2008	2	1º 2011	10
4º 2003	0	2º 2006	12	4º 2008	0	2º 2011	18
1º 2004	0	3º 2006	42	1º 2009	0	3º 2011	24
2º 2004	2	4º 2006	36	2º 2009	0	4º 2011	24

TABELA 14: SÉRIE TEMPORAL TRIMESTRAL DAS DEMANDAS DO ITEM A5  
FONTE: O AUTOR (2012)

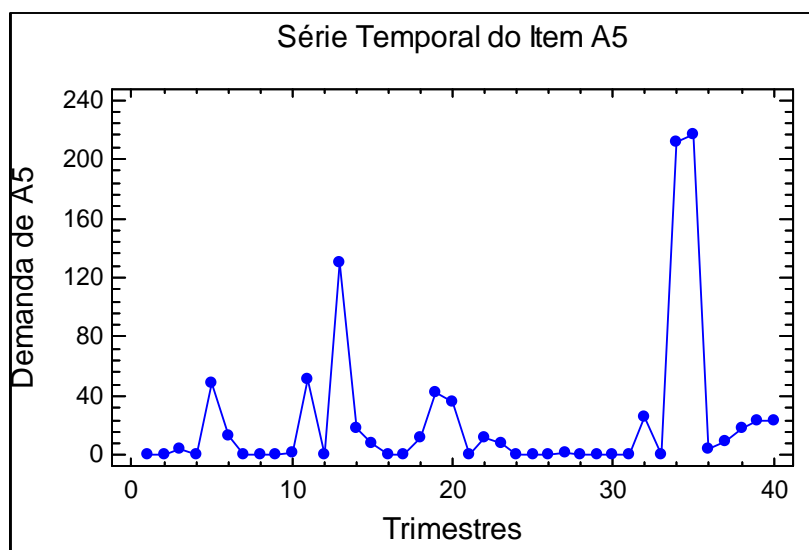


FIGURA 37: GRÁFICO DA SÉRIE TEMPORAL DA DEMANDA TRIMESTRAL DO ITEM A5  
FONTE: O AUTOR (2012)

Trimestre	Previsão de demanda	Demanda considera
1º	15,4805	16
2º	143,478	144
3º	162,606	163
4º	43,7259	44

TABELA 15: PREVISÃO DA DEMANDA DO ITEM A5  
FONTE: O AUTOR (2012)

## B.6 PREVISÃO DO ITEM A6: MODELO MÉDIA CONSTANTE

Trimestres	Saídas	Trimestres	Saídas	Trimestres	Saídas	Trimestres	Saídas
1º 2002	0	3º 2004	0	1º 2007	0	3º 2009	0
2º 2002	0	4º 2004	0	2º 2007	0	4º 2009	0
3º 2002	0	1º 2005	120	3º 2007	0	1º 2010	0
4º 2002	0	2º 2005	2	4º 2007	0	2º 2010	30
1º 2003	0	3º 2005	1	1º 2008	0	3º 2010	58
2º 2003	0	4º 2005	20	2º 2008	0	4º 2010	4
3º 2003	0	1º 2006	0	3º 2008	0	1º 2011	6
4º 2003	0	2º 2006	13	4º 2008	0	2º 2011	26
1º 2004	0	3º 2006	20	1º 2009	0	3º 2011	1
2º 2004	0	4º 2006	0	2º 2009	0	4º 2011	1

TABELA 16: SÉRIE TEMPORAL TRIMESTRAL DAS DEMANDAS DO ITEM A6  
 FONTE: O AUTOR (2012)

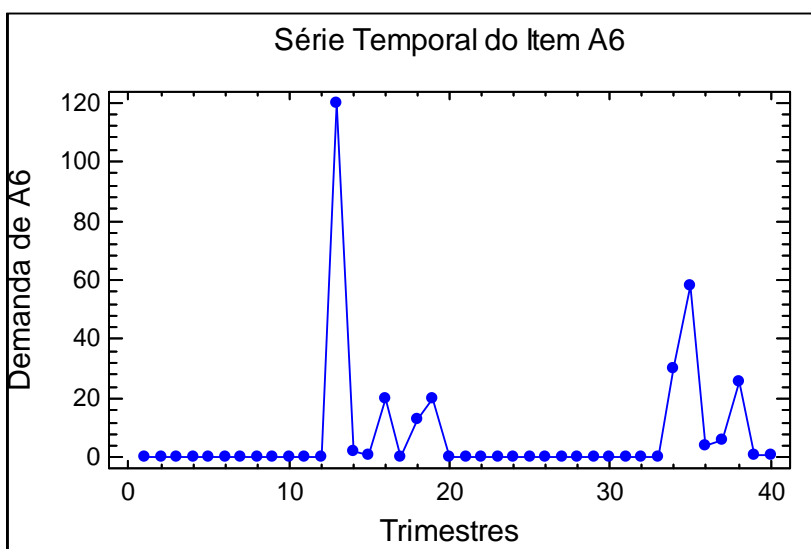


FIGURA 38: GRÁFICO DA SÉRIE TEMPORAL DA DEMANDA TRIMESTRAL DO ITEM A6  
 FONTE: O AUTOR (2012)

Trimestre	Previsão de demanda	Demanda considera
1º	7,55	8
2º	7,55	8
3º	7,55	8
4º	7,55	8

TABELA 17: PREVISÃO DA DEMANDA DO ITEM A6  
 FONTE: O AUTOR (2012)

# B.7 PREVISÃO DO ITEM A7: MODELO ARIMA(2,0,2)x(1,0,2)<sub>4</sub> COM CONSTANTE

Trimestres	Saídas	Trimestres	Saídas	Trimestres	Saídas	Trimestres	Saídas
1º 2002	0	3º 2004	0	1º 2007	0	3º 2009	0
2º 2002	0	4º 2004	74	2º 2007	0	4º 2009	15
3º 2002	0	1º 2005	60	3º 2007	0	1º 2010	0
4º 2002	0	2º 2005	0	4º 2007	0	2º 2010	28
1º 2003	0	3º 2005	40	1º 2008	0	3º 2010	7
2º 2003	14	4º 2005	20	2º 2008	0	4º 2010	0
3º 2003	0	1º 2006	0	3º 2008	0	1º 2011	0
4º 2003	0	2º 2006	42	4º 2008	0	2º 2011	0
1º 2004	0	3º 2006	0	1º 2009	0	3º 2011	0
2º 2004	16	4º 2006	33	2º 2009	0	4º 2011	0

TABELA 18: SÉRIE TEMPORAL TRIMESTRAL DAS DEMANDAS DO ITEM A7  
FONTE: O AUTOR (2012)

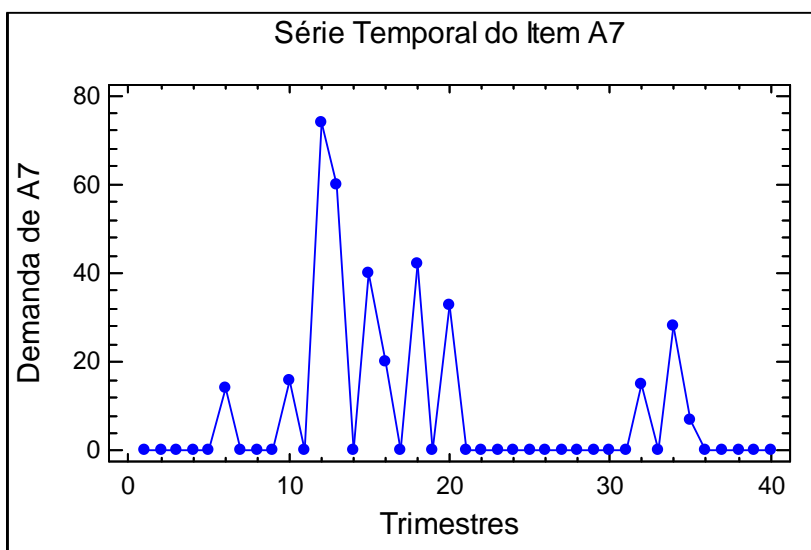


FIGURA 39: GRÁFICO DA SÉRIE TEMPORAL DA DEMANDA TRIMESTRAL DO ITEM A7  
FONTE: O AUTOR (2012)

Trimestre	Previsão de demanda	Demanda considera
1º	6,21892	7
2º	2,72071	3
3º	0,744313	1
4º	-1,81416	0

TABELA 19: PREVISÃO DA DEMANDA DO ITEM A7  
FONTE: O AUTOR (2012)

## APÊNDICE C – NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS $\alpha_t$ , $\beta_t$ E $\gamma_t$ DO COMPRAS<sub>t</sub>

### C.1 PROPOSTA DE COMPRA COM O NUMERÁRIO NOS PERÍODOS PREVISTOS: SEÇÃO 7.4.1

#### C.1.1 Proposta de Compra do Segundo Trimestre com o Crédito nos Períodos Previstos

Parâmetros			Valor da função $z_2(xc_{2i})$
$\alpha_2$	$\beta_2$	$\gamma_2$	
1	0	0	272,54
0	1	0	-54.549,62
0	0	1	0,00

TABELA 20: NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DO COMPRAS<sub>2</sub>  
FONTE: O AUTOR (2012)

#### C.1.2 Proposta de Compra do Terceiro Trimestre com o Crédito nos Períodos Previstos

Parâmetros			Valor da função $z_3(xc_{3i})$
$\alpha_3$	$\beta_3$	$\gamma_3$	
1	0	0	993,81
0	1	0	-23.539,70
0	0	1	0,00

TABELA 21: NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DO COMPRAS<sub>3</sub>  
FONTE: O AUTOR (2012)

### C.1.3 Proposta de Compra do Quarto Trimestre com o Crédito nos Períodos Previstos

Parâmetros			Valor da função $z_4(xc_{4i})$
$\alpha_4$	$\beta_4$	$\gamma_4$	
1	0	0	382,41
0	1	0	-12.961,48
0	0	1	0,00

TABELA 22: NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DO COMPRAS<sub>4</sub>  
FONTE: O AUTOR (2012)

## C.2 PROPOSTA DE COMPRA COM CRÉDITO ATRASADO NO PRIMEIRO TRIMESTRE: SEÇÃO 7.4.2

### C.2.1 Proposta de Compra do Segundo Trimestre com o Crédito Atrasado no Primeiro Trimestre

Parâmetros			Valor da função $z_2(xc_{2i})$
$\alpha_2$	$\beta_2$	$\gamma_2$	
1	0	0	470,00
0	1	0	-54.549,62
0	0	1	0,00

TABELA 23: NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DO COMPRAS<sub>2</sub>  
FONTE: O AUTOR (2012)

### C.2.2 Proposta de Compra do Terceiro Trimestre com o Crédito Atrasado no Primeiro Trimestre

Igual ao C.1.2: Proposta de Compra do Terceiro Trimestre com o Crédito nos Períodos Previstos.



### C.2.3 Proposta de Compra do Quarto Trimestre com o Crédito Atrasado no Primeiro Trimestre

Igual ao C.1.3: Proposta de Compra do Terceiro Trimestre com o Crédito nos Períodos Previstos.

## C.3 PROPOSTA DE COMPRA COM CRÉDITO ATRASADO NO PRIMEIRO E NO SEGUNDO TRIMESTRES: SEÇÃO 7.4.3

### C.3.1 Proposta de Compra do Terceiro Trimestre com o Crédito Atrasado no Primeiro e no Segundo Trimestres

Parâmetros			Valor da função $z_3(xc_{3i})$
$\alpha_3$	$\beta_3$	$\gamma_3$	
1	0	0	1.463,80
0	1	0	-24.852,98
0	0	1	0,00

TABELA 24: NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DO COMPRAS<sub>3</sub>

FONTE: O AUTOR (2012)

### C.3.2 Proposta de Compra do Quarto Trimestre com o Crédito Atrasado no Primeiro e no Segundo Trimestres

Parâmetros			Valor da função $z_4(xc_{4i})$
$\alpha_4$	$\beta_4$	$\gamma_4$	
1	0	0	1.846,21
0	1	0	-12.203,72
0	0	1	0,00

TABELA 25: NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DO COMPRAS<sub>4</sub>

FONTE: O AUTOR (2012)

#### C.4 PROPOSTA DE COMPRA COM CRÉDITO VARIANDO NOS PERÍODOS E NOS VALORES: SEÇÃO 7.4.5

##### C.4.1 Proposta de Compra do Segundo Trimestre com Numerário Correspondendo a 80% do Custo da Demanda Acumulada

Parâmetros			Valor da função $z_2(xc_{2i})$
$\alpha_2$	$\beta_2$	$\gamma_2$	
1	0	0	469,90
0	1	0	-54.549,62
0	0	1	-108,00

TABELA 26: NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DO COMPRAS<sub>2</sub>

FONTE: O AUTOR (2012)

##### C.4.2 Proposta de Compra do Terceiro Trimestre com Numerário Correspondendo a 50% do Custo da Demanda Acumulada

Parâmetros			Valor da função $z_3(xc_{3i})$
$\alpha_3$	$\beta_3$	$\gamma_3$	
1	0	0	1.052,44
0	1	0	-24.852,98
0	0	1	-154,00

TABELA 27: NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DO COMPRAS<sub>3</sub>

FONTE: O AUTOR (2012)

##### C.4.3 Proposta de Compra do Quarto Trimestre com Numerário Correspondendo a 80% do Custo da Demanda Acumulada

Parâmetros			Valor da função $z_4(xc_{4i})$
$\alpha_4$	$\beta_4$	$\gamma_4$	
1	0	0	927,96
0	1	0	-18.005,90
0	0	1	-44,00

TABELA 28: NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DO COMPRAS<sub>4</sub>

FONTE: O AUTOR (2012)

#### C.4.4 Proposta de Compra do Quarto Trimestre com Numerário Correspondendo a 120% do Custo da Demanda Acumulada

Parâmetros			Valor da função $z_4(xc_{4i})$
$\alpha_4$	$\beta_4$	$\gamma_4$	
1	0	0	331,24
0	1	0	-92.759,06
0	0	1	0,00

TABELA 29: NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DO COMPRAS<sub>4</sub>  
 FONTE: O AUTOR (2012)

## APÊNDICE D – CENÁRIOS DE UTILIZAÇÃO DO COMPRAS<sub>1</sub> OMITIDOS NO CAPÍTULO 7

### D.1 NUMERÁRIO NOS PERÍODOS PREVISTOS: SEÇÃO 7.4.1

#### D.1.1 Proposta de Compra do 2º Trimestre com o Numerário nos Períodos Previstos

Entrada automática dos Dados da Demanda Atual									
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
demanda_atual	0	25	0	19	32	8	3	0	
Acréscimo de itens realizado pelo usuário									
dacr_2									
Demanda Atual (soma das linhas anteriores)									
d_2	0	25	0	19	32	8	3	0	
Valor atualizado									
v_2	490,24	688,00	65,06	69,44	184,00	5898,24	378,88	683,84	
Novo Valor Planejado (ATUALIZADO)					<div>COMPRAS<sub>2</sub></div> <div></div>				
72.729,92									
Crédito Disponível no Período									
73.000,00									
Valor total da Compra									
72.729,92									
Máximo acréscimo à compra x %									100
Fator de maximização da Compra $\alpha_1$									1
Fator de minimização do estoque $\beta_1$									1
Fator de minimização dos não atendidos estoque $\gamma_1$					1				
Previsão da Compra Ótima (xcompra)									
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
Comprar	0	25	0	19	32	8	3	0	
% Atendimento	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Previsão do Valor da Compra por Item									
Valor Planejado	0,00	17.200,00	0,00	1.319,36	5.888,00	47.185,92	1.136,64	0,00	
Valor Ótimo	0,00	17.200,00	0,00	1.319,36	5.888,00	47.185,92	1.136,64	0,00	
Movimentos do Estoque	Estoque Atualizado após a compra								
	10	38	165	30	190	12	5	23	
	Lançamento das saídas de materiais do estoque								
	4	25	32	19	144	8	3	7	
Estoque Atualizado após a compra e o Lançamento das Saídas									
Valor Total	6	13	133	11	46	4	2	16	
65.058,42	2.941,44	8.944,00	8.652,98	763,84	8.464,00	23.592,96	757,76	10.941,44	

FIGURA 40: AQUISIÇÃO: SEGUNDO TRIMESTRE COM O NUMERÁRIO CONFORME O  
PREVISTO

FONTE: O AUTOR (2012)

## D.1.2 Proposta de Compra do 3º Trimestre com o Numerário nos Períodos Previstos

Entrada automática dos Dados da Demanda Atual								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
demanda_atual	0	25	0	2	163	8	1	0
Acréscimo de itens realizado pelo usuário								
dacr_3								
Demanda Atual (soma das linhas anteriores)								
d_3	0	25	0	2	163	8	1	0
Valor atualizado								
v_3	490,24	688,00	65,06	69,44	184,00	5898,24	378,88	683,84
Novo Valor Planejado (ATUALIZADO)					<div>COMPRAS<sub>3</sub></div> <div></div>			
94.895,68								
Crédito Disponível no Período								
95.000,00								
Valor total da Compra								
94.895,68								
Máximo acréscimo à compra x %				100				
Fator de maximização da Compra $\alpha_1$				1				
Fator de minimização do estoque $\beta_1$				1				
Fator de minimização dos não atendidos estoque $\gamma_1$				1				
Previsão da Compra Ótima (xcompra)								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Comprar	0	25	0	2	163	8	1	0
% Atendimento	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Previsão do Valor da Compra por Item								
Valor Planejado	0,00	17.200,00	0,00	138,88	29.992,00	47.185,92	378,88	0,00
Valor Ótimo	0,00	17.200,00	0,00	138,88	29.992,00	47.185,92	378,88	0,00
Movimentos do Estoque	Estoque Atualizado após a compra							
	6	38	133	13	209	12	3	16
	Lançamento das saídas de materiais do estoque							
	4	25	19	2	163	8	1	7
	Estoque Atualizado após a compra e o Lançamento das Saídas							
Valor Total	2	13	114	11	46	4	2	9
57.074,44	980,48	8.944,00	7.416,84	763,84	8.464,00	23.592,96	757,76	6.154,56

FIGURA 41: AQUISIÇÃO: TERCEIRO TRIMESTRE COM O NUMERÁRIO CONFORME O PREVISTO

FONTE: O AUTOR (2012)

## D.1.3 Proposta de Compra do 4º Trimestre com o Numerário nos Períodos Previstos

Entrada automática dos Dados da Demanda Atual								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
demanda_atual	4	25	0	26	46	8	0	2
Acréscimo de itens realizado pelo usuário								
dacr_4								
Demanda Atual (soma das linhas anteriores)								
d_4	4	25	0	26	46	8	0	2
Valor atualizado								
v_4	490,24	688,00	65,06	69,44	184,00	5898,24	378,88	683,84
Novo Valor Planejado (ATUALIZADO)					<div>COMPRAS<sub>4</sub></div> <div></div>			
77.984,00								
Crédito Disponível no Período								
78.000,00								
Valor total da Compra								
77.616,00								
Máximo acréscimo à compra $x_4$ %								
Fator de maximização da Compra $\alpha_4$								
Fator de minimização do estoque $\beta_4$								
Fator de minimização dos não atendidos estoque $\gamma_4$								
Previsão da Compra Ótima (xcompra)								
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Comprar	4	25	0	26	46	8	0	2
% Atendimento	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Previsão do Valor da Compra por Item								
Valor Planejado	1.960,96	17.200,00	0,00	1.805,44	8.464,00	47.185,92	0,00	1.367,68
Valor Ótimo	1.960,96	17.200,00	0,00	1.805,44	8.464,00	47.185,92	0,00	1.367,68
Movimentos do Estoque	Estoque Atualizado após a compra							
	6	38	114	37	92	12	2	11
	Lançamento das saídas de materiais do estoque							
	4	25	4	26	44	8	0	7
Estoque Atualizado após a compra e o Lançamento das Saídas								
Valor Total	2	13	110	11	48	4	2	4
53.763,00	980,48	8944	7156,6	763,84	8832	23592,96	757,76	2735,36
Perio	Resumo Anual							
Trim	Prev_cred	Credito	Prev_comp	Pev_c_atua	Compras	Prev_est	Est_atualizado	
1	92.000,00	92.000,00	91.938,88	91.938,88	91.938,88	94.496,18	94.496,18	
2	73.000,00	73.000,00	72.729,92	72.729,92	72.729,92	65.058,42	65.058,42	
3	95.000,00	95.000,00	94.895,68	94.895,68	94.895,68	57.074,44	57.074,44	
4	78.000,00	78.000,00	77.984,00	77.984,00	77.984,00	53.763,00	53.763,00	
anual	338.000,00	338.000,00	337.548,48	337.548,48	337.548,48	94.496,18	94.496,18	

FIGURA 42: AQUISIÇÃO: QUARTO TRIMESTRE COM O NUMERÁRIO CONFORME O PREVISTO  
 FONTE: O AUTOR (2012)

## D.2 NUMERÁRIO ATRASADO NO PRIMEIRO TRIMESTRE: SEÇÃO 7.4.2

## D.2.1 Proposta de Compra do 4º Trimestre com o Numerário Atrasado no Primeiro Trimestre

Entrada automática dos Dados da Demanda Atual												
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8				
demanda_atual	4	25	0	26	46	8	0	2				
Acréscimo de itens realizado pelo usuário												
dacr_4												
Demanda Atual (soma das linhas anteriores)												
d_4	4	25	0	26	46	8	0	2				
Valor atualizado												
v_4	490,24	688,00	65,06	69,44	184,00	5898,24	378,88	683,84				
Novo Valor Planejado (ATUALIZADO)					<div>COMPRAS<sub>4</sub></div> <div></div>							
77.984,00												
Crédito Disponível no Período												
78.000,00												
Valor total da Compra												
77.616,00												
Máximo acréscimo à compra $x_4$ %									100			
Fator de maximização da Compra $\alpha_4$									1			
Fator de minimização do estoque $\beta_4$					1							
Fator de minimização dos não atendidos estoque $\gamma_4$					1							
Previsão da Compra Ótima (xcompra)												
Itens	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8				
Comprar	4	25	0	26	46	8	0	2				
% Atendimento	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%				
Previsão do Valor da Compra por Item												
Valor Planejado	1.960,96	17.200,00	0,00	1.805,44	8.464,00	47.185,92	0,00	1.367,68				
Valor Ótimo	1.960,96	17.200,00	0,00	1.805,44	8.464,00	47.185,92	0,00	1.367,68				
Movimentos do Estoque	Estoque Atualizado após a compra											
	6	38	114	37	92	12	2	11				
	Lançamento das saídas de materiais do estoque											
	4	25	4	26	44	8	0	7				
	Estoque Atualizado após a compra e o Lançamento das Saídas											
	2	13	110	11	48	4	2	4				
Perio	Resumo Anual											
Trim	Prev_cred	Credito	Prev_comp	Pev_c_atua	Compras	Prev_est	Est_atualizado					
1	92.000,00	0,00	91.938,88	91.938,88	0,00	94.496,18	60.437,62					
2	73.000,00	165.000,00	72.729,92	164.668,80	164.668,80	65.058,42	65.058,42					
3	95.000,00	95.000,00	94.895,68	94.895,68	94.895,68	57.074,44	57.074,44					
4	78.000,00	78.000,00	77.984,00	77.984,00	77.984,00	53.763,00	53.763,00					
anual	338.000,00	338.000,00	337.548,48	337.548,48	337.548,48							

FIGURA 43: AQUISIÇÃO: QUARTO TRIMESTRE COM O NUMERÁRIO ATRASADO NO PRIMEIRO TRIMESTRE

FONTE: O AUTOR (2012)

### D.2.2 Proposta de Compra do 3º Trimestre com o Numerário Atrasado no Primeiro Trimestre

Igual à Figura D.1.2: Planejamento de Compras do 3º Trimestre com o Numerário nos Períodos Previstos